

Aus dem Institut für Lebensmittelhygiene  
Fleischhygiene und -technologie  
— Fachrichtung Fleischhygiene —  
der Freien Universität Berlin

---

**Parameter zur Fleischqualitätsbeurteilung  
von Lammfleisch im Rahmen der amtlichen  
tierärztlichen Fleischuntersuchung**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von  
Rolf Kümmel  
Tierarzt aus Wolfsburg

Berlin 1984  
Journal-Nr. 1187



Aus dem Institut für Lebensmittelhygiene  
Fleischhygiene und -technologie  
- Fachrichtung Fleischhygiene -  
der Freien Universität Berlin

---

Parameter zur Fleischqualitätsbeurteilung  
von Lammfleisch im Rahmen der amtlichen  
tierärztlichen Fleischuntersuchung

INAUGURAL - DISSERTATION  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von  
Rolf Kümmel  
Tierarzt aus Wolfsburg

Berlin 1984  
Journal-Nr. 1187

Gedruckt mit Genehmigung  
des Fachbereiches Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Vorsitzender: Prof. Dr. F. Hörchner  
Referent: Prof. Dr. G. Reuter  
Korreferent: Prof. Dr. G. Hildebrandt

Tag der Promotion: 7. September 1984





# Inhaltsverzeichnis

=====

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| A. <u>Einleitung</u>                                                            | 1  |
| B. <u>Schrifttum</u>                                                            | 2  |
| 1. Definition des Begriffes Fleischqualität                                     | 2  |
| 2. Postmortale Prozesse in der Muskulatur und ihre Meßbarkeit                   | 3  |
| 2.1. Glykolyse und ATP-Abbau, pH-Verlauf                                        | 3  |
| 2.2. Der Rigor mortis                                                           | 5  |
| 2.3. Veränderungen des Wasserbindungsvermögens                                  | 7  |
| 2.4. Farbänderungen                                                             | 9  |
| 3. Abweichende substantielle Fleischqualitätsmängel im Sinne der Fleischhygiene | 12 |
| 3.1. Die verzögerte oder unvollständige Glykolyse (DFD-Fleisch)                 | 12 |
| 3.2. Die beschleunigte Glykolyse (PSE-Fleisch)                                  | 15 |
| 4. Angaben über Fleischqualitätsmerkmale beim Schaffleisch                      | 18 |
| 4.1. pH-Wert                                                                    | 18 |
| 4.2. Wasserbindungsvermögen                                                     | 22 |
| 4.3. Fleischfarbe                                                               | 23 |
| 4.4. Konsistenz                                                                 | 24 |
| C. <u>Eigene Untersuchungen</u>                                                 | 26 |
| 1. Tiermaterial                                                                 | 26 |
| 2. Art der Proben und Problematik der Probengewinnung                           | 26 |
| 3. Methodik und Geräte                                                          | 30 |
| 3.1. Rigor-Messung                                                              | 30 |
| 3.2. pH-Wert-Messung                                                            | 30 |
| 3.3. Q-Wert-Ermittlung                                                          | 31 |
| 3.4. R-Wert-Bestimmung                                                          | 31 |
| 3.5. Die chemisch induzierte Glykolyse                                          | 32 |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.6. Sensorische Prüfung und Messung von Erhitzungsverlusten                       | 32 |
| 3.6.1. Koch- und Bratverluste                                                      | 32 |
| 3.6.2. Subjektiver Farbintensitätsvergleich                                        | 33 |
| 3.6.3. Triangel-Test mit bewertender Prüfung                                       | 33 |
| 4. Ergebnisse                                                                      | 35 |
| 4.1. Rigor mortis-Werte                                                            | 35 |
| 4.2. pH-Werte                                                                      | 35 |
| 4.3. Q-Werte                                                                       | 46 |
| 4.4. R-Werte                                                                       | 47 |
| 4.5. Die chemisch induzierte Glykolyse                                             | 51 |
| 4.6. Sensorische Prüfung und Messung von Erhitzungsverlusten                       | 51 |
| 4.6.1. Koch- und Bratprobe                                                         | 55 |
| 4.6.2. Subjektiver Farbintensitätsvergleich                                        | 56 |
| 4.6.3. Triangel-Test mit bewertender Prüfung                                       | 56 |
| D. <u>Diskussion</u>                                                               | 62 |
| 1. Die Meß- und Probenentnahmestelle am Schafschlachttierkörper                    | 62 |
| 2. Wasserbindungsvermögen (WBV), bewertet nach Q-Werten der Filterpapierpreßproben | 64 |
| 3. Rigor-Werte                                                                     | 66 |
| 4. Die chemisch induzierte Glykolyse zum vorgezogenen Nachweis des End-pH-Wertes   | 67 |
| 5. R-Werte (Verhältnis von ATP/IMP)                                                | 69 |
| 6. pH-Werte                                                                        | 71 |
| 7. Sensorische Prüfung und Messung von Erhitzungsverlusten                         | 73 |
| 8. Mögliche Richtwerte für die Ermittlung von Qualitätsmerkmalen bei Lammfleisch   | 75 |
| E. <u>Schlußfolgerungen</u>                                                        | 78 |
| F. <u>Zusammenfassung</u>                                                          | 80 |
| G. <u>Literaturverzeichnis</u>                                                     | 86 |

## Im Text verwendete Abkürzungen

|           |                                                |
|-----------|------------------------------------------------|
| DFD       | : Dark, Firm, Dry                              |
| PSE       | : Pale, Soft, Exudative                        |
| ADP       | : Adenosindiphosphat                           |
| AMP       | : Adenosinmonophosphat                         |
| ATP       | : Adosintriphosphat                            |
| IMP       | : Inosinmonophosphat                           |
| F         | : Gesamtfläche (bei der Filterpapierpreßprobe) |
| f         | : Fleischfläche                                |
| Q-Wert    | : Quotient aus F und f ( $Q=f/F$ )             |
| WBV       | : Wasserbindungsvermögen                       |
| GöFo      | : Göttinger Fotometer                          |
| R-Wert    | : Verhältnis IMP/ATP (fotometrisch bestimmt)   |
| Ri-Wert   | : Rigor mortis-Wert (mit Rigormeter)           |
| d         | : Tag                                          |
| g         | : Gramm                                        |
| Gew.      | : Gewicht                                      |
| h         | : Stunde                                       |
| M         | : molar                                        |
| min       | : Minute                                       |
| ml        | : Milliliter                                   |
| n         | : Anzahl (Tiere, Proben)                       |
| nm        | : Nanometer                                    |
| p.m.      | : post mortem                                  |
| s         | : Standardabweichung um Mittelwerte            |
| $\bar{x}$ | : arithmetischer Mittelwert                    |



## A. Einleitung

=====

Wie inzwischen hinlänglich bekannt ist, weist Fleisch verschiedentlich Qualitätsmängel auf. Der wohl häufigste dieser Mängel ist die blasse, weiche, wäßrige Beschaffenheit, die nach einer internationalen Absprache als PSE - Fleisch bezeichnet wird.

Die andere Art der Abweichung ist die dunkle, leimige, trockene (dark, firm, dry = DFD) Beschaffenheit des Fleisches, die in der englischen Literatur auch als "dark - cutting" bezeichnet wird.

Da Rind und Schwein unsere wirtschaftlich bedeutsamsten Fleischlieferanten sind, wurde in der Vergangenheit fast ausschließlich an diesen beiden Fleischarten versucht, Normen für die Qualität aufzustellen und Qualitätsmängel zu erkennen und zu objektivieren.

Angesichts veränderter Verzehrsgewohnheiten verzeichnet man einen ständig steigenden Konsum von Schafffleisch. Bei stagnierendem "Pro Kopf-Verbrauch" von Rindfleisch und einem leicht steigenden von Schweine- und Geflügelfleisch (5 - 6 %) erwartet man bis 1987 einen "Pro Kopf-Verbrauch" von 1,6 kg bei Schafffleisch, das gegenüber 1980 einer Steigerung von ca. 80 % entsprechen würde. Hierbei handelt es sich meist um Lammfleisch von Tieren im Alter von 3 bis 6 Monaten.

Da für Schafffleisch nur sehr wenige Angaben in der Literatur zum Themenkomplex der normalen und einer eventuell abweichenden Fleischqualität vorliegen, wurden Untersuchungen mit routinemäßig einsetzbaren Methoden, die für die amtliche tierärztliche Fleischuntersuchung in Betracht kommen, durchgeführt. Es handelt sich dabei um die gebräuchlichen Parameter pH-Wert, Rigor mortis, Farbhelligkeit, auspreßbares Gewebewasser und R-Wert.



## B. Schrifttum

=====

### 1. Definition des Begriffes Fleischqualität

Für Lebensmittel tierischer Herkunft ist die "Qualität" nach LEISTNER (1980) die Gesamtheit aller Eigenschaften, die den Wert oder die Güte beinhalten. So ist es verständlich, daß eine Vielzahl physikalischer, chemischer und biochemischer Meßwerte dazu herangezogen wurden, die Qualität des Fleisches zu beschreiben.

In mannigfacher Weise ist versucht worden, Begriffe zu objektivieren und in Meßdaten auszudrücken. SCHARNER (1968) forderte eine Normung der einzelnen Methoden zur Erfassung von Merkmalen und Kennwerten an Schlachttierkörpern, um die Ergebnisse von Untersuchungen in vergleichbaren Werten ausdrücken zu können. Praktische Vorschläge zur Normung der Methoden und der Meßwerte für das Schweinefleisch machte REUTER (1982).

Die Fleischbeschaffenheit ist eine komplexe biologische Einheit, die sich aus einer Anzahl von Faktoren zusammensetzt, wie z.B. pH-Wert, Wasserbindungsvermögen, Zartheit bzw. Zähigkeit, intramuskuläres Fett, Marmorierung, Farbe, Muskelfaserstärke und organoleptischen Merkmalen wie z.B. Geruch, Geschmack und Aroma.

Mit Ausnahme der organoleptischen Merkmale können alle Kriterien objektiv erfaßt werden. Für die routinemäßige tierärztliche Fleischqualitätsuntersuchung eignen sich jedoch nicht alle Parameter. Deshalb schlug REUTER (1982) folgende Tests zur Erkennung von substantiellen Qualitätsabweichungen vor: 1. die elektrometrische pH-Messung, 2. Bestimmung des auspreßbaren Gewebewassers (Filterpapierpreßprobe), 3. Rigor-Messung mit dem "Rigormeter", 4. Farbhelligkeitsmessung mit dem GöFo-Gerät, 5. Bestimmung des ATP/IMP-Verhältnisses (R-Wert), 6. End-pH-Wert-Bestimmung mittels biochemisch herbeigeführter vorgezogener Glykolyse.

## 2. Postmortale Prozesse in der Muskulatur und ihre Meßbarkeit

### 2.1. Glykolyse und ATP-Abbau, pH-Verlauf

Dem lebenden Muskel stehen zur Verrichtung seiner Arbeit energiereiche Substanzen, wie z.B. Glykogen, Kreatinphosphat, Adenosintriphosphat (ATP) und Adenosindiphosphat (ADP) zur Verfügung. Über die Blutbahn werden der Muskelzelle Sauerstoff und energiereiche Stoffe zugeführt, und Stoffwechselprodukte werden abtransportiert. Bei der Schlachtung wird die Blutzirkulation und damit auch dieser Mechanismus unterbrochen. Die Muskelzelle führt aber weiterhin bis zur Erschöpfung der Reserven die biochemischen Reaktionen aus, die zur Aufrechterhaltung ihrer Funktion notwendig sind. Hierbei werden die energiereichen Substanzen abgebaut, und die anfallenden Stoffwechselprodukte verbleiben in der Zelle. So wird das Glykogen über die Glykolyse in Milchsäure und Wasserstoffionen umgewandelt, die den pH-Abfall im Fleisch hervorrufen und somit zur charakteristischen Säuerung führen (HONIKEL & HAMM, 1974).

Der End-pH-Wert ist normalerweise 24 - 48 h p.m. erreicht und liegt bei 5,4 - 5,9 (HAMM, 1972).

Bei sich abzeichnender Erschöpfung von Glykogen nimmt die ATP-Konzentration ab (HONIKEL, 1976). Hierbei wird ATP unter Abspaltung von Phosphat in ADP umgewandelt und ADP unter Abspaltung eines weiteren Phosphatrestes zu Adenosinmonophosphat (AMP) hydrolysiert. Das entstandene AMP wird rasch enzymatisch unter Abspaltung von Ammoniak in Inosinmonophosphat (IMP) umgewandelt. IMP wird anschließend langsam zu Inosin und Hypoxanthin abgebaut.

Abb. 1: Schema des ATP-Abbaus



P = energiereicher Phosphatrest

Die Hydrolyse des ATP ist 24 h p.m. beendet (HONIKEL, 1976). POTTHAST & HAMM (1975) berichteten über biochemische Untersuchungen an 800 Schweinen. Sie fanden, daß mit der Erschöpfung der Energiereserven das zu ADP und AMP abgebaute ATP sehr rasch in IMP umgewandelt wird. Die Bestimmung der Energiereserven ATP und IMP 1 h p.m. ermöglichen so bei gleichzeitiger Erfassung des pH-Wertes eine zuverlässige Qualitätseinstufung des Fleisches (HONIKEL & FISCHER, 1976). ATP und/oder IMP-Bestimmungen erfolgen mittels Dünnschichtchromatografie. Sie erfordern viel Erfahrung, sind zeitraubend und kompliziert und für Reihenuntersuchungen nicht zu gebrauchen (HONIKEL, 1976).

Eine einfachere und schnellere Methode wurde durch folgende Überlegungen gefunden: Adeninnukleotide zeigen im UV-Bereich Absorptionsmaxima bei 259 bis 260 nm, während IMP und Inosin bei 248,5 bis 250 nm Absorptionsmaxima aufweisen. Das Verhältnis der Werte bei 250 und 260 nm wird seit vielen Jahren als Reinheitskriterium für Nukleotidpräparate angegeben. Er beträgt für ATP, ADP und AMP 0,78 bis 0,80, für IMP und Inosin 1,68 bis 1,70. Ein ähnliches Verhältnis der Absorptionswerte, 248/260 nm, wurde als Index für die Ermittlung des Eintritts des Rigor mortis in Fleisch benutzt (DAVIDEK & VELISEK, 1973).

Für schlachtwarmes Fleisch ist zu erwarten, daß das Absorptionsverhältnis 250/260 nm (als R-Wert bezeichnet) bei "normalem" Fleisch mit hohem ATP- und niedrigem IMP-Gehalt einen niedrigen R-Wert aufweist (HONIKEL, 1976).

Mit dieser Methode konnten im Gegensatz zum Schweinefleisch beim Rind keine zufriedenstellenden Ergebnisse erbracht werden (FISCHER & HONIKEL, 1978; FISCHER & HAMM, 1980).

Die Anwendung des Tests zur Bestimmung des R-Wertes bei Schafen wurde bislang in der Literatur nicht beschrieben.

## 2.2. Der Rigor mortis

Der Eintritt der Totenstarre, des Rigor mortis, hängt ab von der Geschwindigkeit des pH-Abfalls und damit auch von der Menge der vorhandenen Energiereserven Glykogen und ATP. Im Normalfall sind nach etwa 3 - 6 h p.m. sämtliche Glykogenreserven erschöpft (KOLB, 1974). Bei Muskeln mit einem hohen Glykogengehalt und somit einem niedrigen End-pH tritt der Rigor mortis langsam ein (BOUTON et al., 1982).

Das Fehlen von ATP wirkt auf die Muskulatur wie ein Kontraktionsreiz. Die bei der Kontraktion entstehenden Acto-Myosinkomplexe werden, solange noch ATP vorhanden ist, durch Anlagerung von ATP-Molekülen voneinander gelöst (SCHEUNERT & TRAUTMANN, 1976). Ist kein ATP mehr vorhanden, bleibt der Acto-Myosinkomplex bestehen, die Muskulatur verliert ihre Dehnbarkeit und erstarrt. Die Wirkung des ATP wird auch als "Schmiermittel-" oder "Weichmachereffekt" bezeichnet (HILDEBRANDT, 1974).

Die Totenstarre entwickelt sich von kranial nach kaudal fortschreitend und löst sich in der gleichen Reihenfolge durch autolytische Prozesse, induziert durch zellei-

gene Enzyme, wieder auf (LÖFFLER, 1977). Messungen ergaben, daß die Totenstarre bei einem pH-Wert von 5,9 und einer ATP-Konzentration von  $\mu\text{M/g}$  bzw. einem R-Wert von 1,1 eintritt (HONIKEL, 1976; HONIKEL & FISCHER, 1977).

Der Rigor mortis ist auf freiliegenden Fleischflächen mit einem sogenannten Rigormeter (SYBESMA, 1966; SYBESMA & LOGTESTIJN, 1967) meßbar, sofern besondere Anwendungsgesichtspunkte berücksichtigt werden. Die Aussagekraft ist daher nur bedingt, und die Methode kann daher nach REUTER (1982) nur als ergänzendes Merkmal bei der Ermittlung der Fleischqualität benutzt werden.

Das Rigormeter ist ein Gegendruckapparat mit Federwirkung und einer Skaleneinteilung von 0 - 15 Rigoreinheiten, wobei 0 - 5 den Prä-Rigor, 6 - 9 den Anfangs-Rigor und Werte zwischen 10 - 15 den voll ausgeprägten Rigor anzeigen. Diese vom Hersteller angegebenen Werte beziehen sich ausschließlich auf Untersuchungen, die an Schweineschlachttierkörpern vorgenommen wurden. Hierbei wurde das Gerät senkrecht zum Muskelfaserverlauf ange-setzt und somit die Dehnbarkeit des Muskels gemessen. SCHEPER et al. (1978, 1980) und ALI-SEİD (1983) maßen auch die Komprimierbarkeit von Muskeln, indem sie das Rigormeter parallel zum Verlauf der Muskelfasern an-setzten. Die so ermittelten Werte sind kleiner.

Nach längerem Gebrauch kommt es offensichtlich zu einer Erschlaffung der Feder; es werden höhere Werte angezeigt (REUTER, 1982). Eine wiederholbare Kontrolle der richtigen Anzeige erscheint deshalb angezeigt. Dazu müßte ein Prüfmodell mit standardisierter Konsistenz geschaffen werden.

Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erlangen, muß die Durchführung der Messung standardisiert werden. Hierbei muß auch festgelegt werden, wo gemessen wird, und daß die Meßstelle eine größere ausdehnungsfähige Muskelfläche umfaßt, die nicht unmittelbar mit Knochen oder Faszien verbunden ist (REUTER, 1982).

### 2.3. Veränderungen des Wasserbindungsvermögens

Fleisch besteht bis zu 77 % aus Wasser, das locker oder fest gebunden sein kann. Als Safthaltevermögen bezeichnet man die Fähigkeit des Fleisches, sein eigenes Wasser festzuhalten; als Wasserbindungsvermögen die, Fremdwasser aufzunehmen (WENIGER et al., 1964; SCHARNER & HIRSEKORN, 1967; SCHARNER et al., 1972).

Da beiden Phänomenen die gleichen chemisch-physikalischen Ursachen zugrunde liegen, definierte HAMM (1972) das Wasserbindungsvermögen (WBV) ganz allgemein als die Fähigkeit des Fleisches, sein eigenes oder auch zugesetztes Wasser bei Anwendung irgendeiner Kraft festzuhalten.

Die Menge des ausgetretenen bzw. zurückgehaltenen Wassers ist abhängig von der Dauer und Höhe der Kraft, die auf das Fleisch einwirkt. Deshalb ist es wichtig, die Methode genau zu definieren, nach der das WBV bestimmt wurde.

Die älteste und, weil praktikabel, immer noch angewandte Methode ist die Filterpapierpreßmethode nach GRAU & HAMM (1952, 1954, 1957). Da beim Zusammenschrauben des Kompressoriums mit der Hand erhebliche Druckschwankungen auftreten können, entwickelten ROEMMELE et al. (1961) das sogenannte "Braunschweiger Gerät", eine modifizierte Form des Plexiglas-Kompressoriums von GRAU & HAMM. Es besteht aus einem Metallrahmen mit Druckhebel sowie zwei Plexiglasplatten. Das zu untersuchende Fleischstück wird

von groben Fett-, Blutgefäß- und Bindegewebsteilen befreit, zentral auf das Filterpapier gelegt und zwischen den Plexiglasplatten 5 min lang zu einem dünnen Film gequetscht.

Nach GRAU & HAMM (1954) sollte die Fleischprobeneinwaage 0,3 g betragen. Nach dem Pressen wird der Umriß des Fleischfilms nachgezeichnet, seine Fläche planimetrisch bestimmt und von der Gesamtfläche substrahiert. Die Fläche der Ringzone (Fläche des ausgetretenen Wassers) wird in  $\text{cm}^2$  angegeben. Die Rückwaage des Fleischfilms erlaubt eine gravimetrische Bestimmung des Preßsaftverlustes.

Bei der Routineuntersuchung ist es nicht möglich, eine genaue Menge des Probenmaterials einzuwiegen. Das ist auch nicht erforderlich, wenn man nicht die absoluten Werte der entstehenden Flüssigkeits- und Fleischfläche als Maßstab der Beurteilung, sondern den Quotienten aus diesen Werten bildet (REUTER, 1982). Dafür empfehlen HOFMANN et al. (1982) den Quotienten aus Fleischfläche zur Gesamtfläche, wobei nur Quotienten bis 1.0 entstehen, was eine bessere Bewertung der Abstufung ermöglicht.

Ein Vergleich zwischen beiden Methoden ist nur möglich, wenn bei ersterer auch die Fleischfläche in  $\text{cm}^2$  angegeben ist.

Um die zeitaufwendige planimetrische Auswertung der Preßproben zu umgehen, wurde ein Schablonenverfahren von REUTER (1982) beschrieben, das bei den Untersuchungen von ALI-SEİD (1983) angewandt wurde. Es ist für Routineuntersuchungen geeignet, jedoch liefert die Planimetrie genauere Ergebnisse (ALI-SEİD, 1983).

Um zu gewährleisten, daß das Braunschweiger Gerät auch noch nach längerem Gebrauch den notwendigen Preßdruck besitzt, empfiehlt REUTER (1982) eine Kontrolle mit einem standardisierten plastischen Material (deformierbare Silikonscheibe).

Abb. 2: Auswertung der Filterpapierpreßmethode



f=Fleischfläche



F=Gesamtfläche



RZ=Ringzone

$$Q = \frac{f}{F}$$

#### 2.4. Farbänderungen

Die Farbe der Skelettmuskulatur hängt ab von ihrer Blutfülle; farbgebend ist dabei das Hämoglobin der Erythrozyten. Dieser Sachverhalt spielt bei geschlachteten und ausgebluteten Tieren keine große Rolle für die Fleischfarbe und ihre Veränderungen. Sie werden hauptsächlich beeinflusst durch die Myoglobine und Cytochrome, sowie durch die Struktur des Fleisches (HAMM, 1975).

Die Struktur des Fleisches hängt wesentlich von ihrem Gehalt an fest gebundenem, d. h. in der Muskelfaser gebundenem, Wasser ab. Die gequollenen Fasern liegen dichter aneinander und weisen so beim Anschnitt des Fleisches an der Oberfläche eine geschlossene Struktur auf, die einfallendes Licht weniger stark streut und somit die Farbe intensiver erscheinen läßt (HAMM, 1972).

Die Farbe läßt sich durch den Farbton, die Farbsättigung und die Farbhelligkeit charakterisieren. Da die

ersteren bei der Fleischreifung wenig variieren, genügt für die Erfassung von Farbveränderungen die Farbhelligkeitsbestimmung (SCHARNER et al., 1972; HAMM, 1975).

Hierfür sind verschiedene Methoden und Meßgeräte entwickelt worden.

LOHSE et al. (1964) entwickelten zur objektiven Beurteilung der Farbhelligkeit das sogenannte "FAHELLPHO"-Gerät. Eine Lichtquelle beleuchtet diffus die Fleischprobe und gleichzeitig einen auswechselbaren Vergleichsstandard. Probe und Standard werden strukturlos über eine Optik im Auge des Beobachters abgebildet. Durch einen Graukeil, der sich im Strahlenkreis des Standards befindet, können beide Bilder auf gleiche Helligkeit abgeglichen werden. Da der Graukeil mit einer Skala gekoppelt ist, können die abgelesenen Werte als Maßstab für die Farbhelligkeit verwandt werden.

Ein auf einem völlig anderen Meßprinzip beruhendes Verfahren entwickelten STEINHAUF et al. (1964). Die Anschnittsfläche eines Muskels wird dabei von einer Lichtquelle angeleuchtet; gleichzeitig werden die vom Fleisch reflektierten Lichtstrahlen photometrisch gemessen und auf einer Skala angezeigt. Dieses GöFo- (Göttinger Fotometer) Gerät zeigt mit zunehmenden Werten eine sinkende Helligkeit an.

SCHIEFER (1975) bestimmte die Farbhelligkeit über Remissionsmessungen mit Hilfe eines Spektralfotometers bei diffuser Beleuchtung einer Fleischscheibe definierter Dicke und Fläche. Er gab die Remissionswerte in % an, wobei zunehmende Werte eine steigende Helligkeit anzeigen.

Nicht nur eine Farbhelligkeitsbestimmung, sondern auch eine Messung von Farbton und Farbsättigung wurde möglich mit der Entwicklung des sogenannten

"ELREPHOMAT DFC 5" der Firma Zeiss. Seine Einsetzbarkeit in der Fleischhygiene wurde an der Bundesanstalt für Fleischforschung in Kulmbach getestet (STIEBING & KLETTNER, 1980). Trotz zufriedenstellender, standardisierbarer Ergebnisse, zeigte sich eine beschränkte Verwendbarkeit des Gerätes wegen des sehr hohen Aufwandes.

Eine andere Methode stellt das von GROSSMANN (1982) beschriebene Gleichheitsverfahren mit der DIN-Farbkarte dar. Die Muskelfarbe wird hinsichtlich Farbton, Sättigung und Helligkeit an Hand der DIN-Farbtafel DIN 6164 durch subjektives, makroskopisches Vergleichen ermittelt.

Dabei wird zunächst der Farbton bestimmt. Zu jedem Farbton existiert ein Beiblatt, auf dem diesem Farbton stufenweise weiße Farbe (Bestimmung der Sättigung), bzw. schwarze Farbe (Bestimmung der Helligkeit) zugemischt ist. Um eine genauere Messung zu gewährleisten, sollte die Lichtquelle einen Einstrahlwinkel von  $180^{\circ}$  besitzen.

In jüngster Zeit sind Geräte mit Meßsonden entwickelt worden, mit denen auf der Basis der Reflexion eine Farbhelligkeitsmessung durch Einstechen einer Sonde in das Fleisch möglich ist.

Das in England entwickelte FOP-Gerät (fibre optic probe) besitzt eine Glasfasersonde. Das an der Spitze ausgesandte Licht wird je nach Struktur und Farbe der Muskelfasern zerstreut und reflektiert. Die reflektierte Lichtmenge wird an der Sondenspitze wieder aufgenommen und digital angezeigt. Versuche ergaben, daß dieses Gerät in seiner Leistungsfähigkeit dem GöFo-Gerät gleichwertig ist (HENNING, 1984).

Bei dem dänischen FOM-Gerät (fat-o-meater) besteht die Sonde aus einem stabilen Stahlrohr mit austauschbarer Spitze. In einem seitlichen Fenster sind getrennt eine

Lichtquelle und ein Detektor angebracht. Untersuchungen an der Bundesanstalt für Fleischforschung in Kulmbach bestätigten die Einsetzbarkeit des Gerätes bei der Oberprüfung der Fleischbeschaffenheit (SACK et al., 1984). Die Fortentwicklung besteht in einer automatischen Sonde, die nicht an Einzelpunkten des Muskels mißt, sondern quer durch den Muskel hindurch die Farbhelligkeitswerte kontinuierlich registriert (ANDERSEN, 1984).

### 3. Abweichende substantielle Fleischqualitätsmängel im Sinne der Fleischhygiene

#### 3.1. Die verzögerte oder unvollständige Glykolyse (DFD-Fleisch)

Dieser vor allem bei Rindern beschriebene und auch als DC (dark cutting beef) bezeichnete Qualitätsmangel hat seine Ursachen in verschiedenen Behandlungsarten vor dem Schlachten (LOSONCZY & STEFTER, 1975) oder in der gesundheitlichen Verfassung des Tieres (POTTHAST & HAMM, 1976; AUGUSTINI et al., 1979, 1980).

In diesem Zusammenhang wird oft der Begriff "Streß" verwendet. Er ist definiert als spezifische Allgemeinreaktion des Körpers in Form des dreiphasigen Adaptationssyndroms nach Einwirkung von äußeren Reizen (PSCHYREMBEL, 1976).

Hier wird der Begriff jedoch nicht in dem streng pathologischen Sinne gebraucht, sondern als Reaktion des Tieres auf die erhöhte Katecholaminausschüttung, hervorgerufen durch äußere Reize. So geraten die Tiere durch die Aufregung, die z.B. mit dem Transport verbunden ist, unter Streß (HOLZUM, 1981).

Besonders streßempfindliche Tiere werden selbst durch unwesentliche Belastung über längere Zeit in einen starken Erregungszustand versetzt, wobei das Muskelglykogen verbraucht wird und seine Abbauprodukte, Laktat und Wasserstoffionen, bereits vor der Schlachtung in die Blutbahn übertreten und damit der Fleischreifung verloren gehen (HOLZUM, 1981; MORETH, 1981).

Voraussetzung ist also eine Verarmung des Muskels an Glykogen zum Zeitpunkt des Schlachtens, so daß die Glykolyse nur noch kurze Zeit vonstatten gehen kann. Die Folge hiervon ist erstens ein hoher End-pH-Wert, da via anaerobe Glykolyse kein Laktat und keine Wasserstoffionen mehr gebildet werden können. Des weiteren führt der Mangel an verwertbaren Energiereserven zu einer raschen Abnahme der ATP-Konzentration und damit zum Rigor mortis und zur Festigkeit (HONIKEL & FISCHER, 1977). Der hohe End-pH-Wert bedingt das gute Wasserbindungsvermögen und die dunkle Farbe.

Aus Tabelle 1 ist zu ersehen, daß der Verdacht auf DFD-Qualität am schlachtwarmen Tierkörper aufgrund seiner dunkleren Fleischfarbe gestellt werden kann. Er wird dann bestätigt, wenn der pH-Wert nach 24 Stunden immer noch hoch ist.

Tabelle 1: Eigenschaften von Fleisch  
(nach HONIKEL & FISCHER, 1977)

| Eigenschaften     | Zeit in<br>h p.m. | Beschaffenheit |         |         |
|-------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
|                   |                   | normal         | PSE     | DFD     |
| pH                | 1                 | hoch           | niedrig | hoch    |
| pH                | 24                | niedrig        | niedrig | hoch    |
| ATP-Konzentration | 1                 | hoch           | niedrig | niedrig |
| IMP-Konzentration | 1                 | niedrig        | hoch    | hoch    |
| Totenstarre       | 1                 | nein           | ja      | ja      |
| Wasserbindung     | 1                 | hoch           | niedrig | hoch    |
| Farbe             | 1                 | normal         | blaß    | dunkel  |

Eine schnellere Methode führt über die Ermittlung des R-Wertes zum Ziel. Niedrige ATP-Konzentrationen im Muskel bedingen einen hohen R-Wert. Liegt ein solcher vor, handelt es sich entweder um Fleisch mit DFD- oder PSE-Charakter. Die Messung des  $\text{pH}_1$ -Wertes ermöglicht dann die endgültige Differenzierung. Dieses Verfahren liefert beim Schwein zuverlässige Ergebnisse. Beim Rind ist eine Differenzierung zwischen normalem und DFD-Fleisch an Hand des R-Wertes nicht möglich (FISCHER & HONIKEL, 1978).

Die unteren Grenzwerte für eine schwach ausgeprägte DFD-Beschaffenheit von Schweinefleisch legten HONIKEL & FISCHER (1977) fest mit:

$$R > 1,05 \quad \text{pH}_1 > 5,95 \quad \text{pH}_{24} > 5,85$$

Untersuchungen an Rinderschlachttierkörpern ergaben, daß bei einem  $\text{pH}_{24} > 6,2$  von DFD-Fleisch gesprochen werden kann (ALI-SEİD, 1983).

Ein Verfahren zur schnellen Bestimmung des End-pH-Wertes wurde von VADA-KOVÁCS (1981) bei Schweine-schlachttierkörpern beschrieben. Erste Untersuchungen lassen erwarten, daß es auch bei Rindern Anwendung finden kann (SCHILLING, 1983). Bei der Messung des  $\text{pH}_1$ -Wertes wird eine Fleischprobe entnommen und tiefgefroren. Später kann dann mit Hilfe der chemisch induzierten Glykolyse der End-pH-Wert ermittelt werden (REUTER, 1982).

Nachteile von Fleisch mit DFD-Charakter sind fehlendes oder schwaches Aroma sowie das Fehlen des typisch säuerlichen Geschmacks (WIRTH et al., 1976) und eine Vermehrung unerwünschter Mikroorganismen, die zu einem proteolytischen Verderben führen und die Haltbarkeit von frischem Fleisch vermindern (WIRTH et al., 1976).

### 3.2. Die beschleunigte Glykolyse (PSE-Fleisch)

Dieser Qualitätsmangel tritt sehr häufig bei Schweine-schlachttierkörpern auf und ist charakterisiert durch eine überstürzt ablaufende anaerobe Glykolyse, wobei schon nach ca. 1 h p.m. ein niedriger pH-Wert erreicht ist, der auch dem End-pH-Wert entspricht (HAMM, 1972; POTTHAST & HAMM, 1976).

Folge dieses pH-Abfalls, der mit einer erhöhten Gewebetemperatur einhergeht, ist eine partielle Denaturierung des Fleisches, die zu einem schlechteren WBV führt (FISCHER & HONIKEL, 1978). Wasser tritt aus der Muskelfaser aus. Durch das freigewordene Wasser wird der Faserzusammenhalt aufgelockert. Dies führt zur optischen Aufhellung des Muskels (HAMM, 1972). Somit ist PSE-Fleisch gekennzeichnet durch eine blasse Farbe, weiche Konsistenz, hohe Feuchtigkeit und ein geringes Saffthaltevermögen (HILDEBRANDT, 1968; SCHEPER, 1975).

Als Ursachen für diese Qualitätsabweichung beim Schwein werden Veränderungen des Hormonsystems, der Enzymmuster, und des Kreislaufgeschehens genannt (HILDEBRANDT, 1968). Da belastungsanfällige Schweine zu wenig Kortikoide produzieren, kann in der Streßalarmphase eine Anpassung des Energiestoffwechsels nicht stattfinden (FISCHER, 1974). Ursache dieser Erscheinung ist eine durch intensive Selektion auf erhöhtes Fleischbildungsvermögen hervorgerufene genetische Disposition zu reduzierter Widerstandsfähigkeit, die sich unter dem Einfluß verschiedener Umweltfaktoren, insbesondere durch Transportbelastungen und unsachgemäßes Behandeln der Tiere, leicht in dem erwähnten Qualitätsmangel äußern kann (SCHEPER, 1970; WILKEN, 1982).

Tabelle 2: Mögliche Richtwerte für erhebliche Fleischqualitätsabweichungen bei Schweineschlacht tierkörpern (REUTER, 1982)

| h                         | Normalwerte |         | PSE   |      | DFD  |      | Schein-<br>schlachtung |         |
|---------------------------|-------------|---------|-------|------|------|------|------------------------|---------|
|                           | LD          | SM      | LD    | SM   | LD   | SM   | LD                     | SM      |
| pH 1 <sup>x)</sup>        | 5,8-6,4     | 6,0-6,5 | ≤5,6  | ≤5,8 | ≥6,5 | ≥6,6 | 5,8-6,6                | 6,2-6,9 |
| 24                        | 5,4-5,8     | 5,4-6,0 |       |      | ≥6,4 | ≥6,4 | 6,0-6,7                | 6,3-7,0 |
| Rigor- 1<br>werte<br>mm   | 6 - 11      | 7 - 12  | ≥ 12  |      | ≥ 13 |      | ≤ 5                    |         |
| 24                        | 9 - 14      | 10 - 13 |       |      | ≥ 15 |      | ≤ 5                    |         |
| Preß- 1<br>probe<br>Q=f/F | 0,7         |         | ≤0,5  | ≤0,5 |      |      |                        |         |
| 24                        | 0,4         | 0,5     | ≤0,35 | ≤0,4 |      |      |                        |         |
| GöFo- 1<br>Einh.          | 65-80       | 70-85   | ≤65   | ≤ 70 | ≥ 90 |      |                        |         |
| 24                        | 50-70       | 60-80   | ≤50   | ≤ 60 | ≥ 80 |      |                        |         |
| R-Wert 1 <sup>o)</sup>    | 0,8-1,1     |         | ≥1,3  | ≥1,2 | ≥1,1 |      |                        |         |

LD = M.longissimus dorsi      PSE = pale, soft, exudative

SM = M.semimembranosus      DFD = dark, firm, dry

x) = Messung bis 45 min. p.m.

o) = Probeentnahme 30 min. p.m. und Einfrieren in N<sub>2</sub>

Ein Verhindern dieser Qualitätsabweichung kann im Wesentlichen nur durch Selektion des Tiermaterials und/oder eine möglichst schonende Behandlung der Tiere vor dem Schlachten erreicht werden (FISCHER, 1981).

Tabelle 2 zeigt zusammenfassend die Normal- und Grenzwerte der einzelnen Parameter für Schweineschlachtkörper. Somit sind folgende Eigenschaften für PSE-Qualitäten charakteristisch: tiefer Anfangs-pH, schnell einsetzender Rigor mortis, hoher R-Wert, niedriger Q-Wert (= niedriges WBV) und niedriger GöFo-Wert (= hellere Farbe).

Starke PSE-Merkmale, wie beim Schweinefleisch, sind beim Rind selten anzutreffen (FISCHER et al., 1977; FISCHER & HONIKEL, 1978; HAMM, 1980; FISCHER, 1981).

Fleischproben mit einem  $pH_1$ -Wert  $< 6.0$  wurden von FISCHER et al. (1977), FISCHER & HONIKEL (1978) sowie ALI-SEİD (1983) als PSE-Fleisch bezeichnet.

PSE-Fleisch ist in seiner Verwendung als Frischfleisch wegen der hohen Koch- und Bratverluste eingeschränkt (WIRTH, 1972). Aufgrund seiner schlechten Wasserbindung eignet sich PSE-Fleisch nicht zur Herstellung bestimmter Produkte (Brühwurst und Kochschinken).

#### 4. Angaben über Fleischqualitätsmerkmale beim Schafffleisch

In der Literatur konnte nur eine Arbeit gefunden werden, die sich speziell mit der Erfassung von verschiedenen Fleischqualitätsparametern zur Beurteilung von Schafffleisch beschäftigt (SCHIEFER, 1975). Die übrige Literatur befaßt sich mit anderen Fragestellungen wie etwa den Einflüssen von Geschlecht, Alter, Gewicht, Kreuzungsart oder Schlachtvorgang auf die Fleischqualität, die dann anhand verschiedener Parameter ermittelt wurde.

##### 4.1. pH-Werte

Zur Beurteilung der Fleischqualität wurden Untersuchungen fast ausschließlich am *M. longissimus dorsi* durchgeführt. Die gefundenen End-pH-Werte liegen dicht beieinander, wie aus Tabelle 3 zu ersehen ist. Zu den auffallend höheren Werten von BAGER & PETERSEN (1983) und PETERSEN (1982) ist anzumerken, daß in beiden Fällen die Untersuchungen an Schafen durchgeführt wurden, die bei der Fleischschau beschlagnahmt worden sind.

Beim Schafffleisch kann davon ausgegangen werden, daß der End-pH-Wert nach ca. 24 h p.m. erreicht ist (SCHIEFER, 1975; PETERSEN, 1982; DRANSFIELD, 1981; PETERSEN & BLACKMORE, 1982).



SCHIEFER (1975) untersuchte die End-pH-Werte von verschiedenen Muskeln eines einzelnen Tieres, um festzustellen, ob größere pH-Schwankungen in den unterschiedlichen Körperpartien auftreten. Wie aus Tabelle 4 zu ersehen ist, liegen die Werte jedoch sehr eng beieinander.

Tabelle 4: pH<sub>24</sub>-Werte verschiedener Muskeln eines Schafes (nach SCHIEFER, 1975)

| Muskel               | pH <sub>24</sub> -Werte |
|----------------------|-------------------------|
| M.longissimus dorsi  | 5.5                     |
| M.semitendinosus     | 5.5                     |
| Mm.adductores        | 5.5                     |
| M.glutaeus           | 5.5                     |
| M.semimembranosus    | 5.6                     |
| M.glutaeobiceps      | 5.6                     |
| M.quadriceps femoris | 5.6                     |
| M.gastrocnemius      | 5.6                     |
| M.triceps            | 5.6                     |
| M.serratus ventralis | 5.6                     |
| M.infra spinam       | 5.6                     |
| M.supra spinam       | 5.6                     |
| M.psoas major        | 5.6                     |

Der Abfall des pH-Wertes geht im Schaffleisch langsamer vonstatten als im Schweinefleisch; die Werte stellen sich jedoch nach 24 Stunden auf das gleiche Niveau ein (TERZIS, 1977).

Die Entwicklung und die Höhe der pH-Werte werden durch Geschlecht, Alter, Gewicht oder Rasse nicht signifikant beeinflusst (SCHIEFER, 1975; ALVI, 1980 a und b; PINKAS et al., 1982).

Die Streßempfindlichkeit von Schafen und den Einfluß auf den End-pH-Wert des Fleisches beschrieben MONIN & GIRE (1977). Tiere, die vor der Schlachtung einem mehrstündigen Transportstreß ausgesetzt wurden, zeigten infolge Glykogenverarmung der Muskulatur höhere End-pH-Werte in den Schlachtkörpern. Jedoch lagen die Werte signifikant höher nur bei Tieren, die älter als 10 Monate waren.

Zu gleichen Ergebnissen kam SHORTHORSE (1977) bei seinen Untersuchungen an 18 Monate alten Mutterschafen. 4 Tiere wurden pro Tag geschlachtet. Die jeweils zuletzt geschlachteten Tiere wiesen infolge des länger andauernden Stresses vor der Tötung niedrigere Glykogenkonzentrationen in der Muskulatur und höhere End-pH-Werte auf.

Schafe, die im Stall gehalten wurden, erwiesen sich als streßempfindlicher als Tiere aus der Weidehaltung und zeigten somit nach der Schlachtung durchweg höhere pH-Werte (MONIN & GIRE, 1977; PINKAS et al., 1982).

Eine Beeinflussung der Anfangs- und End-pH-Werte durch verschiedene bei der Schlachtung gebräuchliche Betäubungsarten konnte nicht nachgewiesen werden (CHRYSTALL et al., 1981).

Dem widersprachen die Ergebnisse der Untersuchungen von PETERSEN & BLACKMORE (1982). Zwar zeigten die End-pH-Werte der auf verschiedene Arten geschlachteten Schafe keine signifikanten Unterschiede; der Abfall des pH-Wertes im Fleisch von elektrisch betäubten Tieren vollzog sich jedoch signifikant schneller.

Bei der ersten Messung 90 min p.m. lag er bereits 0,2 pH-Einheiten unter dem der Vergleichstiere, die mittels Bolzenschuß betäubt worden waren. Dieser Unterschied blieb bestehen bis 15 h p.m..

#### 4.2. Wasserbindungsvermögen

BOUTON et al. (1972) untersuchten den Einfluß des End-pH-Wertes auf das Wasserbindungsvermögen (WBV) von Schaffleisch. 44 Tiere im Alter von 1 und 3 Jahren standen für ihre Versuche zur Verfügung. Um einen künstlich hohen pH-Wert zu erzeugen, wurde einem Teil der Schafe vor dem Schlachten Adrenalin in verschiedenen hohen Dosen injiziert. Andere Tiere wurden extrem streßarm getötet (Gewehrschuß aus der Entfernung, Narkose im Stall), um besonders niedrige End-pH-Werte im Fleisch zu erzeugen.

Es konnte ein deutlicher Einfluß des pH-Wertes nach 3 bzw. 17 Tagen Reifung bei 0 - 10° C gezeigt werden: Fleisch mit einem höheren pH-Wert besaß ein signifikant besseres WBV.

TERZIS (1977) hingegen konnte bei seinen Reihenuntersuchungen an 212 Schafen keine Beeinflussung des WBV durch den pH-Wert feststellen.

SCHARNER & SCHIEFER (1977) fanden einen signifikanten Einfluß des Geschlechtes auf das WBV: weibliche Mastlämmer besaßen einen deutlich höheren Preßsaftverlust als männliche.

Diesem Befund widersprach ALVI (1980 a). Das Geschlecht der von ihm untersuchten Lämmer beeinflusste das WBV des Fleisches nicht signifikant. Bei einjährigen Tieren konnte jedoch ein signifikanter Unterschied festgestellt werden: Schafe und Hammel zeigten ein besseres WBV als männliche Tiere. Diese Feststellung er-

klärte ALVI damit, daß weibliche und kastrierte Tiere einen höheren Anteil an intramuskulärem Fett besitzen. Hierdurch wird das Hydratationswasser (gebundenes Wasser) verdrängt. Die polaren Bindungsstellen der Proteine sind den Wasserdipolen aus sterischen Gründen nicht mehr zugänglich. Somit besaßen Schaf- und Hammelfleisch auch einen signifikant niedrigeren Gesamtwasseranteil, bezogen auf das Naßgewicht. Wurden die Werte in Relation zur fettfreien Trockenmasse gesetzt, konnte keine Signifikanz mehr nachgewiesen werden.

Alter und Gewicht der Tiere beeinflussten bei den Untersuchungen von SCHIEFER (1975) nicht das WBV des Fleisches. TERZIS (1977) und PINKAS et al. (1982) stellten jedoch bei älteren und schwereren Schafen ein besseres WBV fest, was sie auf den höheren Bindegewebsanteil des Fleisches zurückführten.

TERZIS stellte auch eine gewisse Abhängigkeit des WBV von der Schafrasse bzw. Kreuzungsart fest. Signifikant wurde diese Abhängigkeit aber nur bei älteren Tieren, die ein Gewicht von mehr als 44 kg besaßen.

#### 4.3. Fleischfarbe

Schaffleisch mit einem hohen pH-Wert reflektiert einfallendes Licht weniger stark und läßt die Fleischfarbe somit dunkler erscheinen (BOUTON & SHORTHOSE, 1969; ALVI, 1980 a). Das stimmt überein mit der schon zitierten Erklärung von HAMM (1972).

SCHIEFER (1975) maß die Farbhelligkeit von Lammfleisch mit Hilfe eines Remissionsspektrometers und fand eine signifikante Beeinflussung durch Geschlecht und Alter der Tiere. Männliche Tiere zeigten ein helleres Fleisch als weibliche; Lämmer im Alter von 110 - 150 Tagen und

einer Lebendmasse von ca. 40 kg besaßen eine dunklere Fleischfarbe als ältere und schwerere (SCHARNER & SCHIEFER, 1977).

Dem widersprachen die Untersuchungsergebnisse von ALVI (1980 a), der eine mit dem Alter steigende Myoglobinkonzentration in der Muskulatur maß, die bei männlichen Lämmern signifikant höher lag als bei weiblichen und bei den einjährigen Tieren bei Böcken sehr viel höher lag.

Zu gleichen Ergebnissen kamen PINKAS et al. (1982). Sie wiesen im Fleisch älterer Schafe einen höheren Pigmentgehalt nach.

#### 4.4. Konsistenz

Eine Beziehung zwischen dem End-pH-Wert von Schaffleisch und der Scherkraft konnten BOUTON & SHORTHORSE (1969) zunächst nicht nachweisen. Weitergehende Untersuchungen zeigten jedoch, daß sowohl die Scherkraft, wie auch die Faserzugfestigkeit und die Adhäsionskraft zwischen den Muskelfasern, mit ansteigendem pH-Wert signifikant abnehmen (BOUTON & HARRIS, 1972).

Mit steigendem pH-Wert nimmt die aufzuwendende Scherkraft linear ab (BOUTON & HARRIS, 1982).

Bei Anwendung der "Texas A.u.M. tenderstretch method" bei Schafen konnten im M.long. dorsi wesentlich geringere Scherkräfte gemessen werden (QUARRIER et al., 1972). Hierbei werden die Tierkörper nach dem Schlachten am Foramen obturatorium aufgehängt. Die nach ventral zeigenden Hinterextremitäten bewirken eine Streckung der Wirbelsäule und somit eine Dehnung des M.long. dorsi.

Der gedehnte Muskel kann sich beim Einsetzen des Rigor mortis weniger stark verkürzen. Längere und dünnere Muskelfasern sind zarter und weisen niedrigere Scherkräfte auf (HOSTETLER et al., 1970).

Zu dem gleichen Ergebnis kamen DANI et al. (1981). Zur optimalen Reduzierung der Scherkraft empfehlen sie außerdem, die Tierkörper für 24 Stunden bei 14 - 15° C zu konditionieren und anschließend 24 h lang bei 4 - 5° C zu kühlen.

Dadurch wird auch verhindert, daß in den Muskeln eine Kälteverkürzung (cold shortening) eintritt. Der Grund hierfür ist eine durch Kältereiz ausgelöste, energieverbrauchende Muskelkontraktion, die zu einer Muskelverkürzung und einer Verschlechterung des Safthaltevermögens und der Zartheit führt. Cold shortening kann auftreten bei Kühltemperaturen unterhalb 10° C; Voraussetzung ist ein genügend hoher ATP-Spiegel, der im Prae-rigor-stadium noch vorhanden ist (HONIKEL & HAMM, 1983; SPECHT et al., 1983).

Die Vermeidung des Effektes der Muskelverkürzung, der besonders bei Rind- und Schaffleisch auftritt, ist durch eine Änderung des Kühlverfahrens in der Weise möglich, daß der genannte Temperaturbereich erst nach Eintritt des Rigor mortis erreicht wird. Da vor allem aus ökonomischen Gründen auf die Schnellkühlverfahren nicht verzichtet werden kann, hat man in einigen Ländern die Methode der Elektrostimulation eingeführt (SIELAFF, 1983).

Die Stromimpulse lösen im Muskel Kontraktionen aus, wodurch die Energiereserven verbraucht werden und es zu einem schnellen pH-Abfall kommt bis auf Werte um 6,0 innerhalb 2 h p.m. (RASHID et al., 1983).

Die Parameter des Verfahrens der Elektrostimulation (Elektrodensystem, Stromart, Spannung, Frequenz, Dauer, Zeitpunkt p.m.) sind auch heute noch sehr uneinheitlich (SIELAFF, 1983; MØLLER et al., 1983; LEWIS & BABIKER, 1983; KIRTON et al., 1983).

## C. Eigene Untersuchungen

=====

### 1. Tiermaterial

Die Untersuchungen wurden im Zeitraum von Oktober 1982 bis April 1983 an 190 Schafschlachttierkörpern von Tieren durchgeführt, die am Schlachthof in Berlin-Spandau geschlachtet worden waren. Es handelte sich um Merinolandschafe im Alter von 3 - 4 Monaten und einem durchschnittlichen Schlachtgewicht von 17 kg. Die Tiere wurden vor dem Schlachten mittels Bolzenschuß betäubt.

Durch Absprache mit der Fleischvertriebsfirma konnte erreicht werden, daß die untersuchten Tierkörper nicht sofort weiterveräußert wurden, sondern jeweils bis zum darauffolgenden Tage in einen separaten Kühlraum verbracht wurden, so daß weitere Messungen nach 6 und 24 h p.m. möglich waren.

### 2. Art der Proben und Problematik der Probengewinnung

Die Herrichtung von Schafschlachttierkörpern sieht nach den Vorschriften des § 14 AB.A keine Längsspaltung vor. Somit weist der Tierkörper keine Muskelanschnittsflächen auf.

Um eine äußerlich sichtbare Beschädigung des Schlachtkörpers zu vermeiden, wurde folgendermaßen vorgegangen: etwa auf der Hälfte des M.gracilis wurde paramedian und parallel zum Faserverlauf die ihn bedeckende Faszie mit einem Skalpell eingeschnitten (Abb. 3).

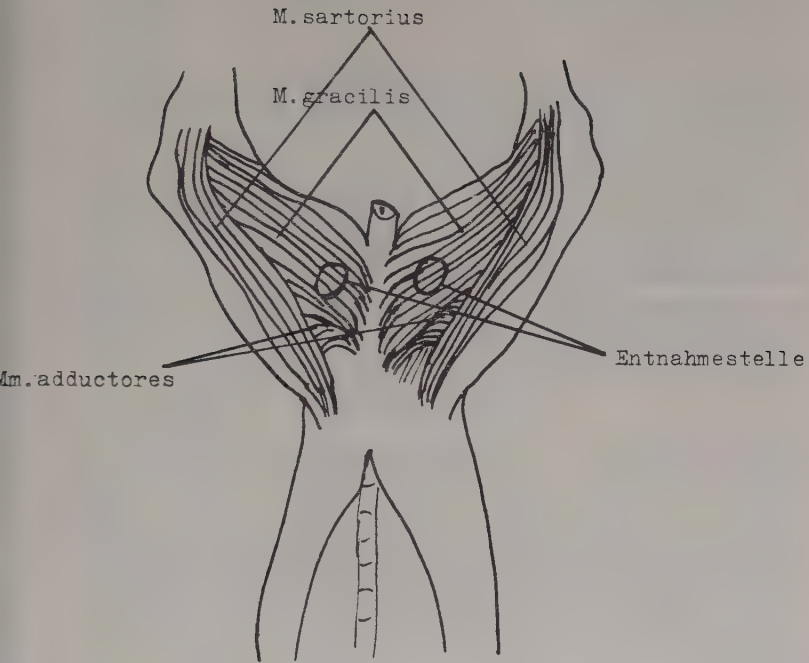


Abb. 3: Probenentnahmestelle am Schafschlachttierkörper

Nach Probenentnahme und Messungen wurde die Faszie von ihrem Untergrund weiter gelöst und zusammen mit etwa anhaftenden Fettresten über die Entnahmestelle gezogen und verstrichen.

Je nachdem, welche Seite geeigneter erschien, wurden die Untersuchungen an der rechten oder linken Hinterextremität durchgeführt.

Die Fleischproben wurden mit einem Korkbohrer, einem Metallrohr mit Handgriff und angeschliffenem Rand, mit einem Durchmesser von 9 mm entnommen. Dabei wurden Proben von verschiedenen Muskeln der Beinmuskulatur gewonnen (Abb. 4). Es handelte sich um den Bereich der Mm. gracilis, semimembranosus, semitendinosus.

Fleischproben von ca. 3 g wurden für die R-Wert-Bestimmung in Aluminiumfolie verpackt und sofort in flüssigem Stickstoff tiefgefroren. Von 26 geeigneten Schlachtkörpern wurde zur Durchführung der vorgezogenen Glykolyse aus der anderen Hinterextremität jeweils eine zweite 3 g schwere Probe entnommen und ebenfalls in N<sub>2</sub> tiefgefroren.

Ein Teil der Proben, jeweils ca. 1 g, wurde in Aluminiumfolie verpackt und unmittelbar danach im Labor mit der Filterpapierpreßmethode untersucht.

Für die sensorische Prüfung wurden 6 ganze Hinterextremitäten erworben; je 3 von Schlachtkörpern, die abweichende, bzw. im Normalbereich liegende Meßdaten aufwiesen. Das Fleisch wurde bei 3-4° C 6 Tage lang gereift.

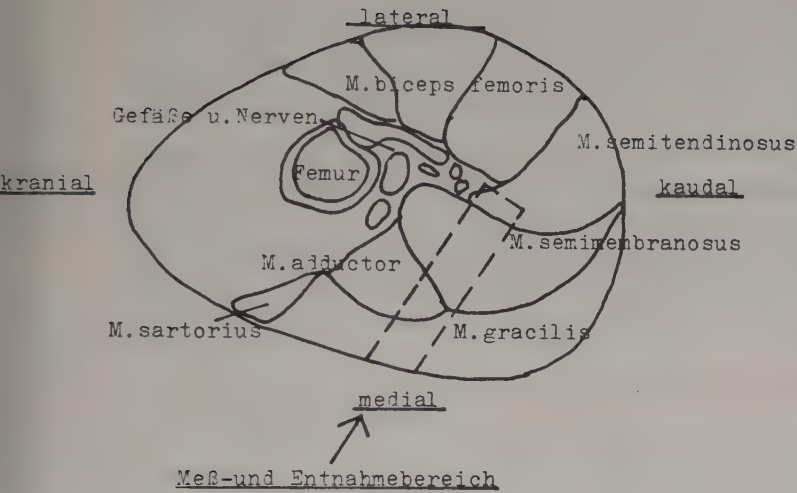


Abb. 4: Schematische Darstellung des Probenentnahme- und Meßbereiches an der linken Hinterextremität eines Schafschlachttierkörpers

### 3. Methodik und Geräte

#### 3.1. Rigor-Messung

Der Rigor mortis wurde mit dem von SYBESMA (1966) entwickelten Rigormeter gemessen. Es war speziell für den Einsatz an Schweineschlachttierkörpern entwickelt (EIKELENBOOM, 1982), aber auch schon bei Messungen an Rinderschlachttierkörpern eingesetzt worden (ALI-SEİD, 1983).

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde das Rigormeter auf dem Muskelbauch des M.gracilis auf der medialen Seite der Hinterextremität angesetzt, wobei darauf geachtet wurde, daß sich möglichst keine Fett- und Bindegewebesteile zwischen Gerät und Muskelfaszie befanden.

Messungen wurden nach 1, 6 und 24 h p.m. vorgenommen.

#### 3.2. pH-Wert-Messung

Vor den pH-Messungen wurde jeweils die Fleischtemperatur mit einem Digital-Sekunden-Thermometer (Fa. Technotherm, mit Einstichelektrode 2515/811) ermittelt.

Der Temperaturbereich wurde auf dem Digital-pH-Meter (Fa. Knick, Portamess 653) mit Einstichelektrode (Fa. Ingold, Nr. 406-M6-KN) eingestellt. Gerät und Elektrode wurden laut Bedienungsanleitung des Herstellers gewartet (SCHEPER, 1981; REUTER, 1982).

Die Messungen wurden an oben erwähnter Probenentnahmestelle der Hinterextremität vorgenommen. Es wurden jeweils 3 Messungen durchgeführt, wobei jedesmal der Einstichwinkel der Elektrode verändert wurde. Aus den 3 Meßergebnissen wurde der Mittelwert gebildet. Bei Ergebnissen, die auffallend über- oder unterhalb des Normalbereiches lagen, wurde die andere Hinterextremität ebenfalls zur pH-Messung herangezogen und von beiden gemittelten Werten der Mittelwert gebildet.

### 3.3. Q-Wert-Ermittlung

Zur Messung des Wasserbindungsvermögens wurde jeweils ein erbsengroßes, von Fett- und Bindegewebsresten befreites Stück Muskulatur auf ein Filterpapier (Fa. Schleicher und Schüll, Nr. 1117) gelegt und mit dem "Braunschweiger Gerät" (Fa. Chiron) 5 min lang gepreßt.

Die Ränder des Fleischfilms wurden nachgezeichnet. Die Fleisch- und Gesamtfläche wurden später mit einem Planimeter (Fa. Maho, Nr. 7080) bestimmt und der Quotient

$Q = \frac{\text{Fleischfläche}}{\text{Gesamtfläche}}$  berechnet (REUTER, 1982; HOFMANN et al., 1982).

### 3.4. R-Wert-Bestimmung

Von der gefrorenen Fleischprobe wurden 3 g in ein Homogenisiergefäß eingewogen und mit einem "Ultra-Turrax" (Fa. Jahnke und Kunkel) ca. 30 sec. lang mit 9 ml 1 M Perchlorsäure vollständig homogenisiert. Das Homogenisat wurde anschließend durch ein Faltenfilter filtriert. Vom Filtrat wurden 0,1 ml in eine Quarzküvette pipettiert, die 1,9 ml 0,1 M Phosphatpuffer, pH 7,0, enthielt.

Mit einem Spektralphotometer (Fa. Pye Unicam, SP 6-450 UV/VIS) wurde die Absorption bei 250 und 260 nm im Vergleich gegen eine gleiche Quarzküvette, die nur Pufferlösung enthielt, gemessen. Dann wurde der Quotient

$R = \frac{\text{Absorption bei 250 nm}}{\text{Absorption bei 260 nm}}$  berechnet (HONIKEL, 1976; HONIKEL & FISCHER, 1977).

### 3.5. Die chemisch induzierte Glykolyse (nach VADA-KOVÁCS, 1981)

Wäßrige Lösungen von KCl 100 mM, CaCl und  $MgCl_2$  je 20 mM, wurden zu gleichen Teilen gemischt. 3 ml dieses Gemisches wurden mit 3 g gefrorenem Fleisch in einem Homogenisiergefäß mit dem "Ultra-Turrax" homogenisiert. Dann wurde alle 5 Minuten mit einem pH-Meter (Fa. Knick, pH-Meter 27, Nr. 53448) mit Elektrode (Fa. Orion Research) der pH-Wert des Homogenisates bis zur Konstanz gemessen. Es wurde darauf geachtet, daß das Homogenisat während der Messung des öfteren durchgerührt wurde.

### 3.6. Sensorische Prüfung und Messung von Erhitzungsverlusten

Ziel der sensorischen Prüfung war es, festzustellen, ob ein organoleptisch faßbarer Unterschied bestand zwischen Fleisch einer Hinterextremität mit niedrigem pH-Wert 1 h p.m. und hohem R-Wert und einer solchen, bei der die Werte der beiden Parameter nicht auffällig von denen der anderen Schlachtkörper abwichen (Triangeltest). In einem weiteren Schritt sollten gefundene Unterschiede näher charakterisiert und gewichtet werden (bewertende Prüfung mit Skala).

#### 3.6.1. Koch- und Bratverluste

Zunächst wurden noch einmal zum Vergleich die pH-Werte des gereiften Fleisches gemessen. Fettfreie Fleischstücke von 35 - 40 g wurden aus der Beinhmuskulatur herausgeschnitten, gewogen und in kochendem Wasser für 10 min gekocht, bzw. in  $180^{\circ}C$  heißem Fett für 5 min gebraten und anschließend wieder zurückgewogen. Vor jeder Wägung wurden die Fleischproben mit einem Papiertuch trockengeputzt.

### 3.6.2. Subjektiver Farbintensitätsvergleich

Frische Muskelanschnitte der beiden jeweils zu testenden Lammkeulen wurden von einem Prüferkollektiv nacheinander in einem gut ausgeleuchteten Raum hinsichtlich der Farbintensität des Fleisches verglichen.

### 3.6.3. Triangel-Test mit bewertender Prüfung

(nach TRÜGER, 1983 in Anlehnung an die  
DIN-Vorschriften 10950, 10951 und 10962)

#### Kurzbeschreibung:

In unterschiedlicher Reihenfolge aufgestellte Fleischproben wurden als Dreier-Probengruppe sensorisch geprüft. Bei jeder Dreiergruppe waren 2 Proben identisch (vom gleichen Tier). Es galt nun, die von den beiden anderen abweichende Probe herauszufinden. Anschließend wurden die einzelnen Fleischqualitätsmerkmale mit Hilfe einer Notenskala bewertet.

#### Prüfpersonen:

Als Prüfpersonen standen 8 Sensoriker nach Definition der DIN-Vorschrift 10950 zur Verfügung. Der Einsatz der Prüfer erfolgte als Einzelprüfpersonen.

#### Prüfraum:

Der Prüfraum war gleichmäßig hell ausgeleuchtet, geräuscharm und geruchsneutral (nicht identisch mit dem Zubereitungsraum der Proben). Es entsprach weitgehend den Anforderungen der DIN-Vorschrift 10962.

#### Vorbereitung der Proben:

Die beiden Lammkeulen wurden von Fettauflagerungen befreit und in der gleichen Form zugeschnitten. Sie wurden jeweils in einen Kochtopf mit kochendem Wasser gelegt und für ca. 1 h gekocht. Gegarte Fleischstücke

identischer Muskeln der beiden Lammkeulen wurden nacheinander in gleicher Form zugeschnitten und in den Prüfraum verbracht.

#### Durchführung:

Die Fleischproben wurden in zufälliger Anordnung auf mit Aluminiumfolie bespannte Teller gelegt, die auf einer Wärmeplatte standen und mit Zahlenkombinationen gekennzeichnet. Auf jedem Teller befanden sich 3 Proben, von denen 2 von derselben Lammkeule stammten. Es sollte nun jeweils die einzelne, von den beiden anderen abweichende Probe angegeben werden. Anschließend sollten bei den einzelnen Proben die Kriterien Konsistenz, Geschmack, Saftigkeit und Struktur nach einer Punkteskala von 1 - 3 bewertet werden. Ein Bewertungsschlüssel ordnete der Ziffer 1 immer die überdurchschnittlichen Fleischeigenschaften zu, Ziffer 2 kennzeichnete durchschnittliche Qualität und 3 stand für eher negative Merkmale.

#### Auswertung:

Die Ergebnisse der Dreiecksprüfungen gleichen Prüfgutes wurden zusammengestellt und aus Tabelle 1 der DIN-Vorschrift 10951 wurde entnommen, ob sich statistisch gesicherte Unterschiede ergeben haben. Die relative Häufigkeit der einzelnen Noten für die einzelnen Kriterien wurde graphisch dargestellt.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Rigor\_mortis\_Werte

Die Rigor-Werte 1 h p.m. streuten stark um den Mittelwert  $\bar{x} = 8,0$ . Es wurden Werte von 4 bis 14 Rigor-Einheiten gemessen (Abb. 5). Nach 6 Stunden waren die Rigor-Werte nur noch über einen Bereich von 7 Rigor-Einheiten um den Mittelwert  $\bar{x} = 11,9$  verteilt und lagen nach 24 Stunden innerhalb eines Bereiches von 5 Rigor-Einheiten um den Mittelwert  $\bar{x} = 13,5$ .

### 4.2. pH-Werte

Abbildung 6 zeigt den pH-Verlauf nach 1, 6 und 24 Stunden mit den Werten  $\text{pH}_1\bar{x} = 6,24$ ,  $s = 0,25$ ;  $\text{pH}_6\bar{x} = 5,97$ ,  $s = 0,25$  und  $\text{pH}_{24}\bar{x} = 5,77$ ,  $s = 0,23$ .

Die relativen Häufigkeiten der pH-Werte zu den verschiedenen Meßzeiten gibt Abbildung 7 wieder. Die  $\text{pH}_1$ - und  $\text{pH}_6$ -Werte sind annähernd in Form einer Normalverteilung angeordnet, während eine gedachte Kurve über den  $\text{pH}_{24}$ -Werten einen eher linkslastigen Verlauf hat.

Die relativen Häufigkeiten der pH-Werte, geordnet nach Herkunft der Tiere und Standzeit auf dem Schlachthof in Berlin-Spandau, sind in den Abbildungen 8 und 9 graphisch dargestellt. Die jeweiligen Säulendiagramme zeigen im Wesentlichen das gleiche Bild wie die der Gesamtheit der untersuchten Tierkörper in Abbildung 7. Auffallend in Abbildung 9 ist, daß das Fleisch der Tiere mit einer Standzeit von 2 bzw. 4 Tagen vor dem Schlachten keine  $\text{pH}_{24}$ -Werte über 6,0 aufwies.

Abb. 5: Häufigkeitsverteilungen der Rigor-Werte nach 1, 6 und 24 Stunden p.m.

$Ri_1$   $\bar{x} = 8.0$ ,  $s = 2.0$ ;  $n = 190$

$Ri_6$   $\bar{x} = 11.9$ ,  $s = 1.7$ ;  $n = 164$

$Ri_{24}$   $\bar{x} = 13.5$ ,  $s = 1.9$ ;  $n = 122$

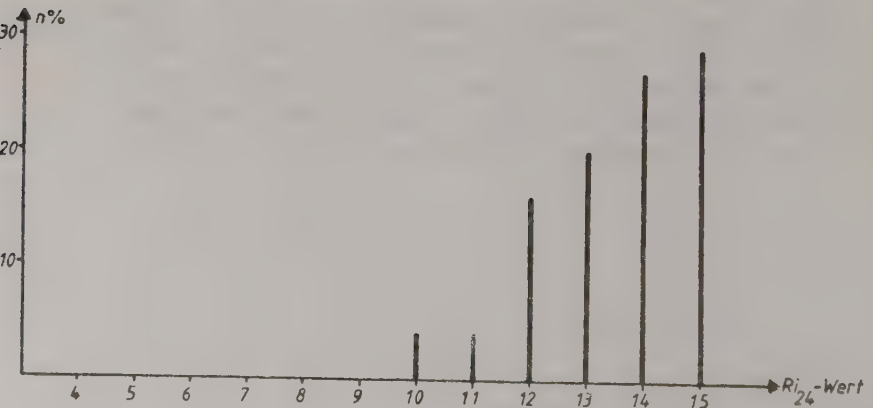
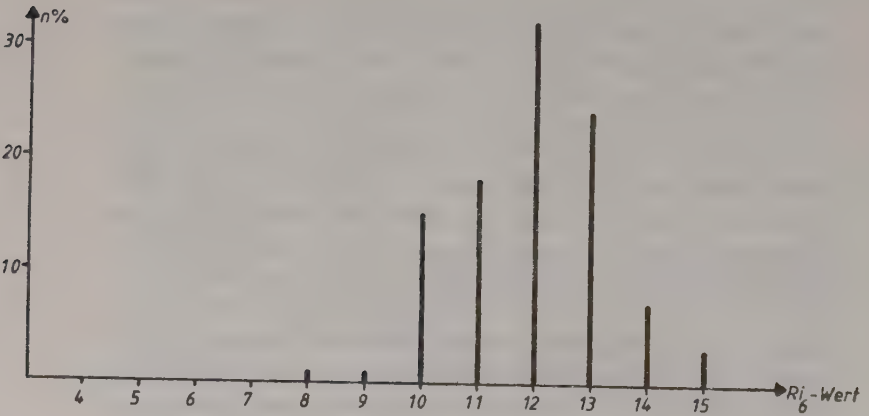
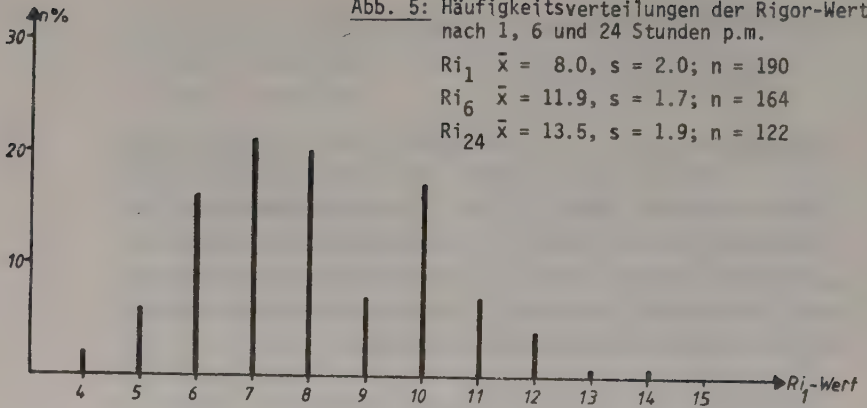
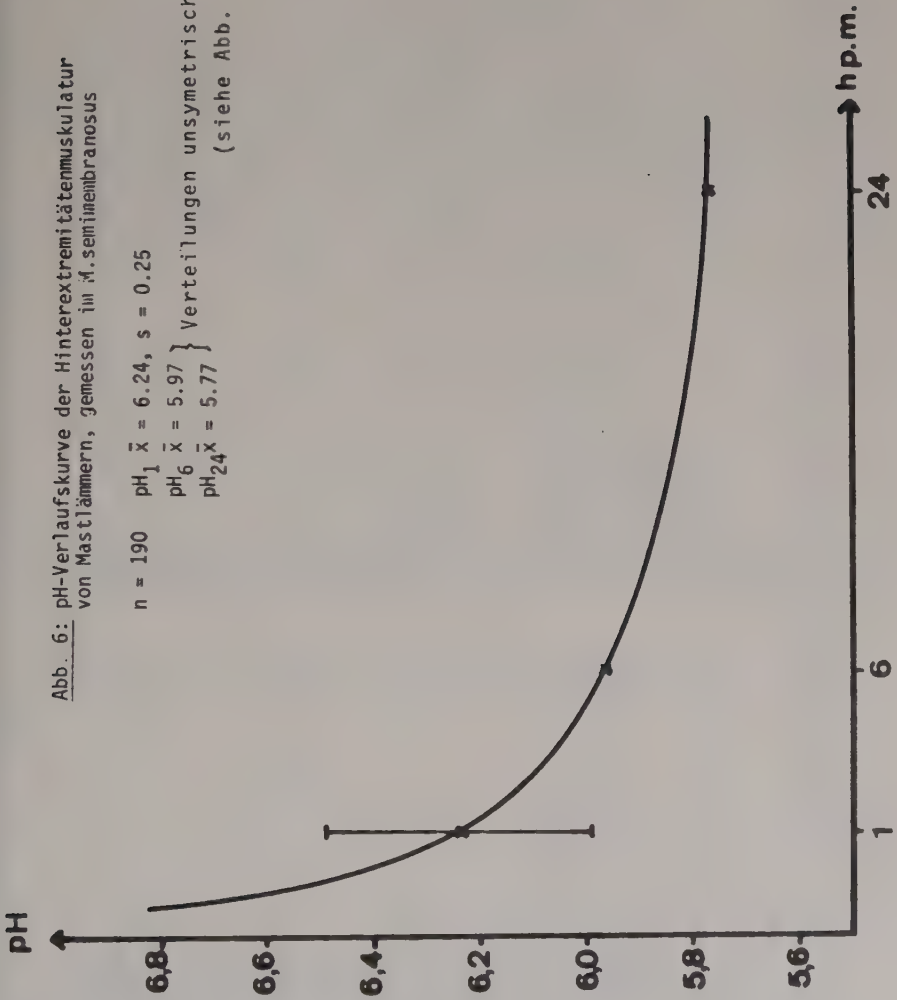


Abb. 6: pH-Verlaufskurve der Hinterextremitätenmuskulatur  
von Mastlämmern, gemessen im M.semlinembranosus

$n = 190$      $\text{pH}_1 \bar{x} = 6.24, s = 0.25$

$\text{pH}_6 \bar{x} = 5.97$      $\text{pH}_{24} \bar{x} = 5.77$  } Verteilungen unsymmetrisch  
(siehe Abb. 7)



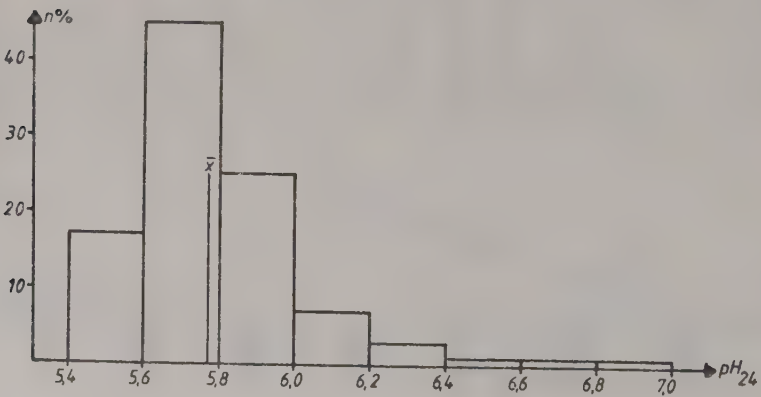
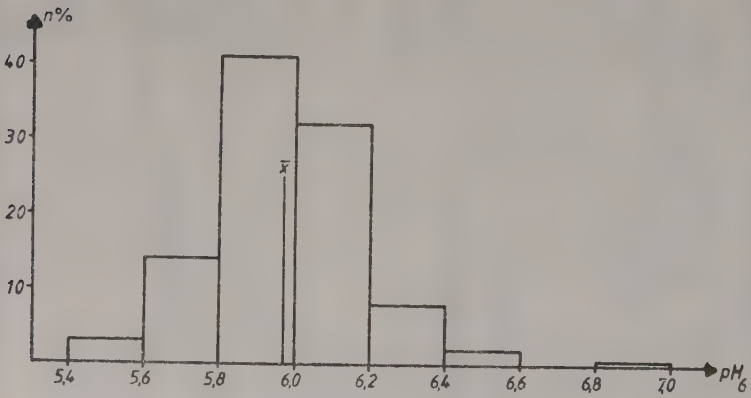
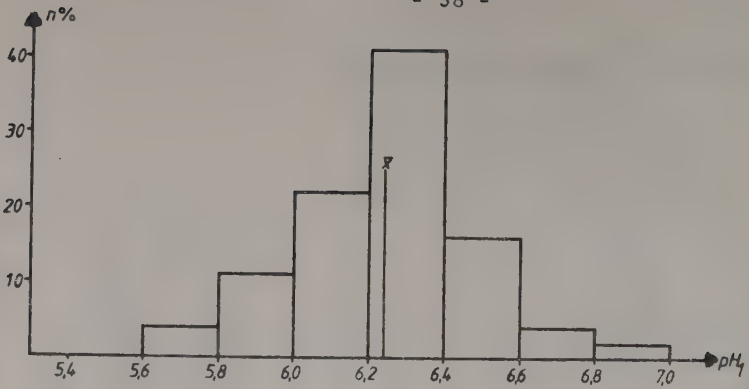
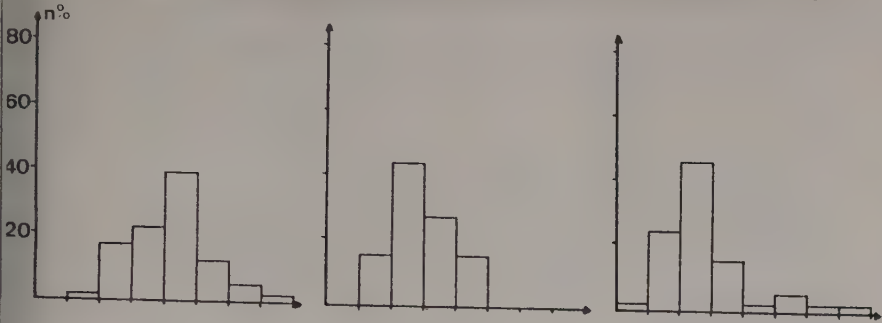
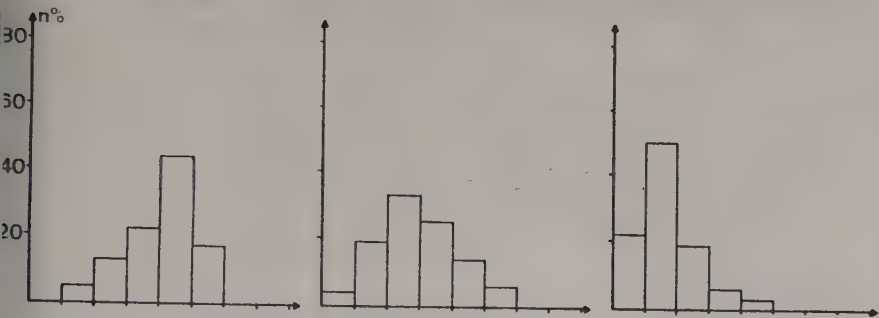


Abb. 7: Häufigkeitsverteilungen der pH-Werte, gemessen nach 1, 6 und 24 Stunden p.m. im M.semimembranosus von Mastlämmern  
n = 190

n = 41; Herkunft: Nassenheide (DDR), Entfernung 50 km; Standzeit 1 Tag



n = 64; Herkunft: Bez. Magdeburg, Entfernung 150-200 km; Standzeit 1 Tag



n = 42; Herkunft: Bez. Gotha, Entfernung 400 km; Standzeit 1 Tag

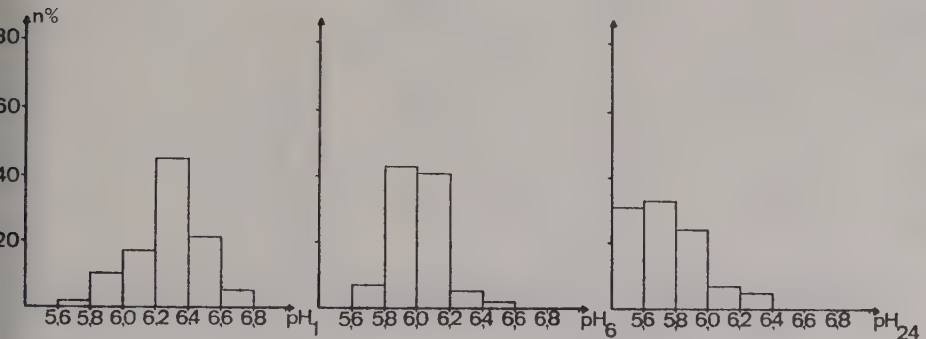
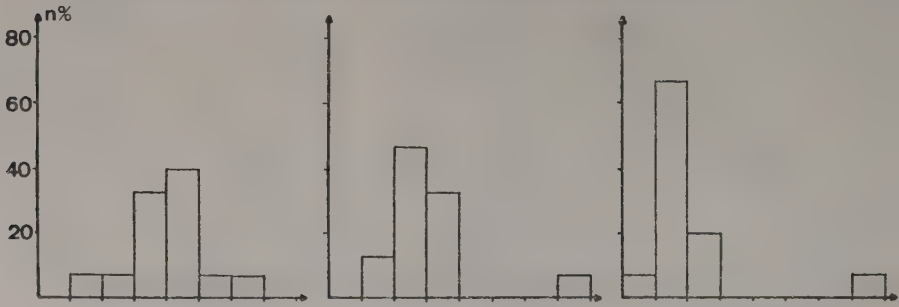
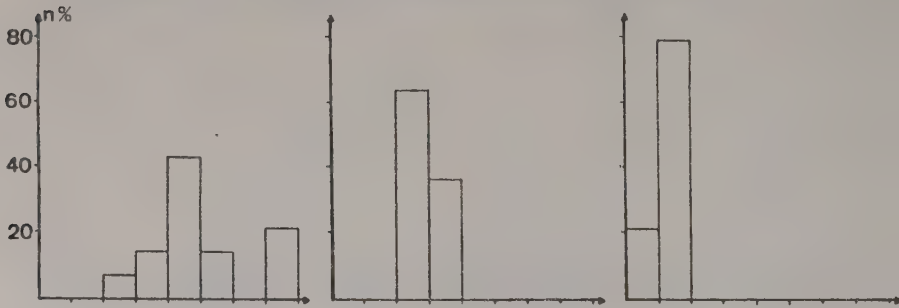


Abb. 8: Häufigkeitsverteilungen der pH-Werte im *M. semimembranosus* nach 1, 6 und 24 Stunden p.m. von Tieren verschiedener Herkunft. Die Werte-Bezeichnungen der Ordinaten und Abszissen gelten in horizontaler bzw. vertikaler Richtung entsprechend.

n = 15; Herkunft: Stuttgart, Entfernung 600 km; Standzeit 1 Tag



n = 14; Herkunft: Friesland, Entfernung 400 km; Standzeit 2 Tage



n = 14; Herkunft: Polen, Entfernung 500 km; Standzeit 4 Tage

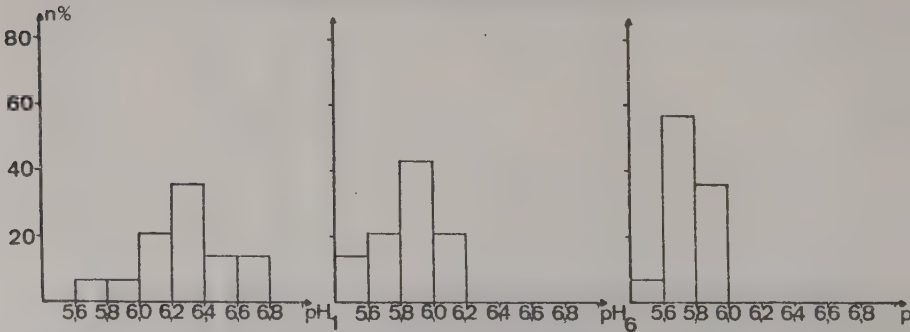


Abb. 9: Häufigkeitsverteilungen der pH-Werte im *M. semimembranosus* nach 1, 6 u. 24 Stunden p.m. von Tieren verschiedener Herkunft und Standzeiten vor dem Schlachten.  
Die Werte-Bezeichnungen der Ordinaten und Abszissen gelten in horizontaler bzw. vertikaler Richtung entsprechend.

Die Beziehungen zwischen  $\text{pH}_1$ -Wert und R-Wert, Rigor-Wert,  $Q_1$ -Wert und  $\text{pH}_{24}$ -Wert und  $Q_{24}$ -Wert zeigen die Abbildungen 10 - 13.

In den Abbildungen 10, 11 und 12 wurde jeweils der  $\text{pH}_1$ -Wert 5,8 (Grenzwert für PSE-Schweinefleisch nach Literaturangaben) eingezeichnet, und die Wertepunkte identischer Tierkörper wurden mit gleichen Buchstaben gekennzeichnet. Liegen in Abbildung 10 alle Werte, bis auf einen, deutlich oberhalb des Mittelwertes von  $R = 0,95$  und in Abbildung 11 alle, bis auf 2 Werte, deutlich oberhalb des Mittelwertes von  $R_{i1} = 8,0$ , so liegen sie in Abbildung 12 sowohl ober- als auch unterhalb des Mittelwertes von  $Q_1 = 0,47$ .

Die pH-Mittelwerte von weiblichen und männlichen Tierkörpern zu den verschiedenen Meßzeiten zeigt Tabelle 5. Das Fleisch männlicher Tiere wies bei allen 3 Meßzeiten höhere pH-Werte auf. Jedoch konnte mittels des t-Testes auf dem 95 % - Niveau kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden.

Tabelle 5: pH-Werte von weiblichen und männlichen Tierkörpern

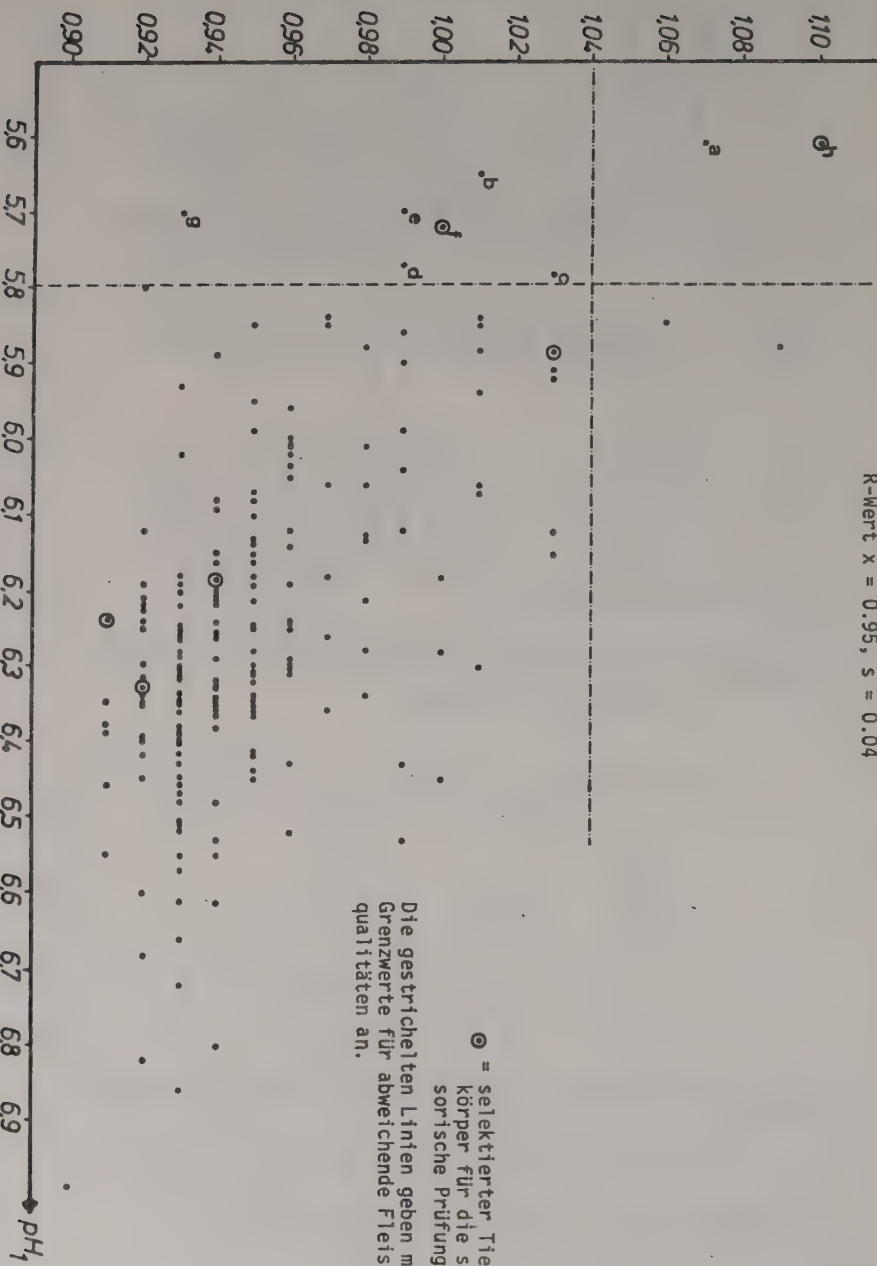
|                  | männlich<br>n = 72             | weiblich<br>n = 37             |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| $\text{pH}_1$    | $\bar{x} = 6,26$<br>$s = 0,22$ | $\bar{x} = 6,18$<br>$s = 0,24$ |
| $\text{pH}_6$    | $\bar{x} = 5,98$<br>$s = 0,23$ | $\bar{x} = 5,95$<br>$s = 0,20$ |
| $\text{pH}_{24}$ | $\bar{x} = 5,77$<br>$s = 0,23$ | $\bar{x} = 5,75$<br>$s = 0,24$ |

ADD. 10: pH<sub>1</sub>- und R-Werte von 190 Mastflämmern

n = 190

pH<sub>1</sub>  $\bar{x}$  = 6.24, s = 0.25

R-Wert  $\bar{x}$  = 0.95, s = 0.04



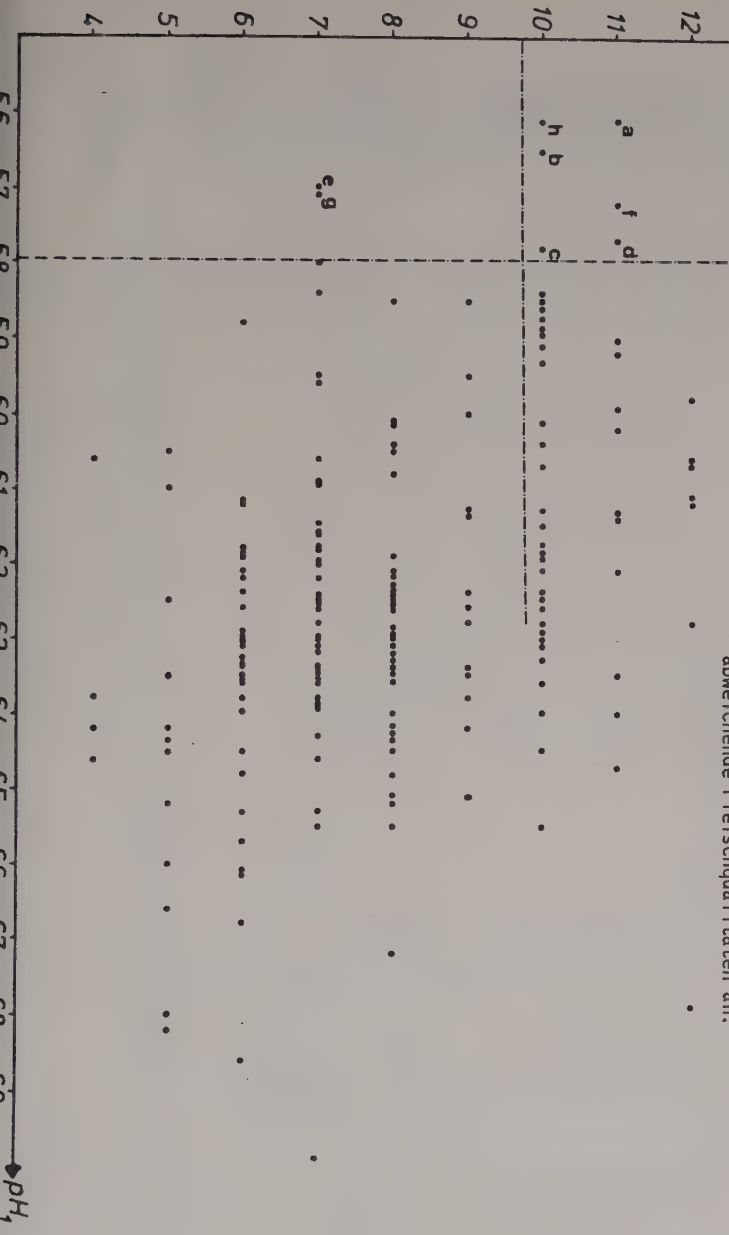
◆  $R_I$ -Wert

Abb. 11:  $pH_I$ - und  $R_I$ -Werte von Mastlämmern

$n = 190$   $pH_I \bar{x} = 6.24$ ,  $s = 0.25$

$R_I \bar{x} = 8.0$ ,  $s = 2.0$

Die gestrichelten Linien geben mögl. Grenzwerte für abweichende Fleischqualitäten an.



◆  $pH_I$

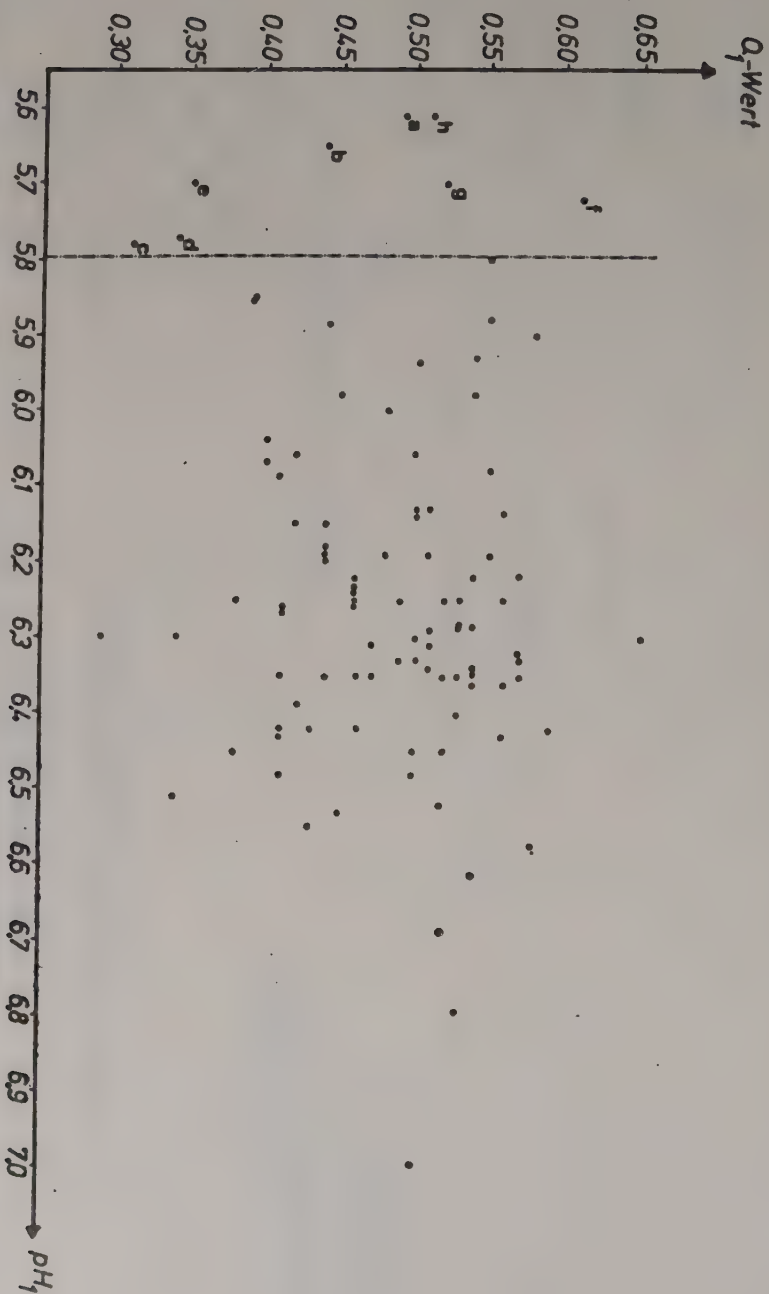


Abb. 12:  $pH_1$ - und  $Q_1$ -Werte von Mastlammern

$n = 99$

$pH_1 \bar{x} = 6.24, s = 0.25$

$Q_1 \bar{x} = 0.47, s = 0.07$

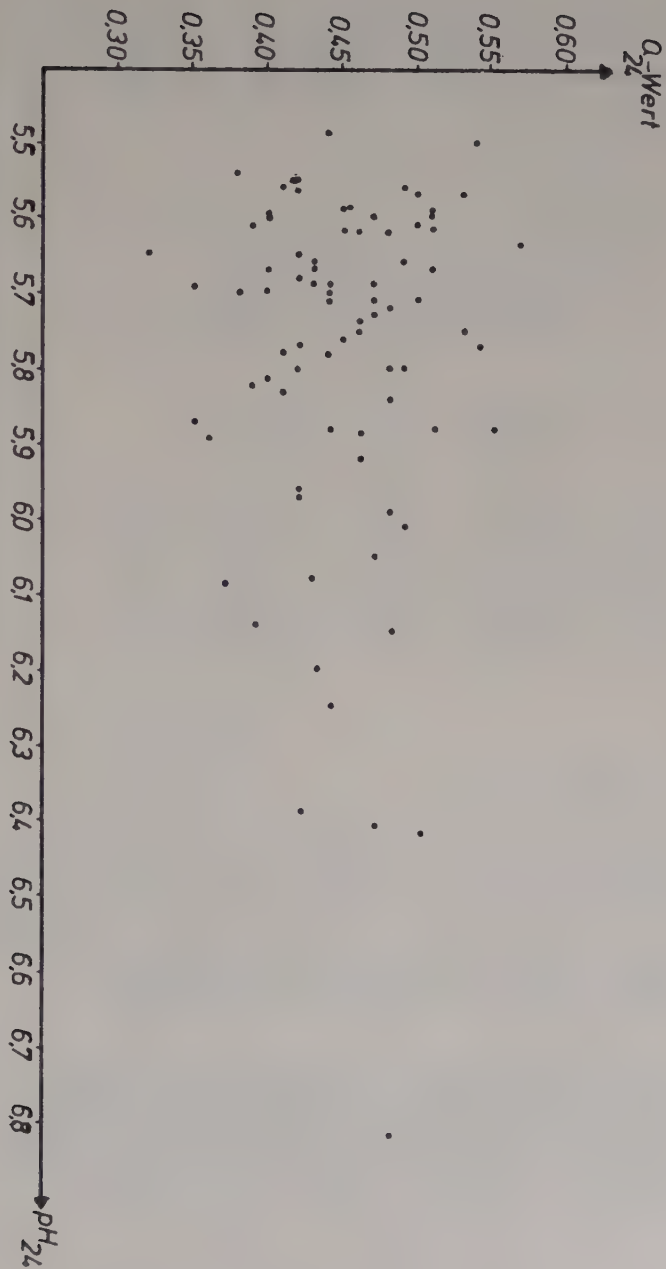


Abb. 13:  $\text{pH}_{24}$  und  $Q_{24}$ -Werte von Mastlammern

$n = 95$

$\text{pH}_{24} \bar{x} = 5.77, s = 0.23$

$Q_{24} \bar{x} = 0.45, s = 0.05$

Die End-pH-Werte der Lammkeulen, die für die sensorische Prüfung ausgewählt wurden, sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Die nach fünftägiger Fleischreifung gemessenen pH-Werte wichen von den  $\text{pH}_{24}$ -Werten um maximal 0,09 pH-Einheiten ab.

Tabelle 6: pH-Werte von 6 selektierten Tierkörpern, gemessen nach 24 Stunden und nach 5-tägiger Reifung bei +1 bis +4° C

| $\text{pH}_{24}$ | $\text{pH}_{5d}$ | Differenz |
|------------------|------------------|-----------|
| 5,62             | 5,70             | + 0,08    |
| 5,69             | 5,60             | - 0,09    |
| 5,60             | 5,65             | + 0,05    |
| 5,55             | 5,55             | + 0       |
| 5,67             | 5,60             | - 0,07    |
| 5,88             | 5,85             | + 0,03    |

#### 4.3. Q-Werte

Die  $Q_1$ -Werte zeigten eine starke Streuung um den Mittelwert  $\bar{x} = 0,47$  mit  $s = 0,07$ . Es wurden Werte zwischen 0,29 und 0,65 ermittelt (Differenz 0,36). Die  $Q_{24}$ -Werte besaßen einen Mittelwert von  $\bar{x} = 0,45$  mit  $s = 0,05$  und lagen in einem engeren Bereich von 0,32 bis 0,57 (Differenz 0,25).

Die Abbildungen 12 und 13 zeigen, daß Tierkörper mit einem niedrigen  $\text{pH}_1$  bzw. hohen  $\text{pH}_{24}$  sowohl niedrige, wie auch hohe  $Q_1$ - bzw.  $Q_{24}$ -Werte besitzen. Es ist keine geordnete Beziehung zwischen den Parametern ersichtlich.

Tabelle 7: Q-Werte von männlichen und weiblichen Tierkörpern, ermittelt mit der Filterpapierpreßmethode

|          | männlich<br>n = 64             | weiblich<br>n = 31               |
|----------|--------------------------------|----------------------------------|
| $Q_1$    | $\bar{x} = 0,48$<br>$s = 0,06$ | $\bar{x} = 0,51^+$<br>$s = 0,07$ |
| $Q_{24}$ | $\bar{x} = 0,45$<br>$s = 0,05$ | $\bar{x} = 0,46$<br>$s = 0,05$   |

<sup>+</sup> signifikanter Unterschied ( $\alpha = 0,05$ )

Tabelle 7 zeigt, daß das Fleisch weiblicher Tiere höhere Q-Werte aufwies, d.h. relativ weniger Wasser aus den Fleischproben ausgepreßt werden konnte. Bei den  $Q_1$ -Werten war dieser Unterschied auf dem 95 % - Niveau signifikant.

#### 4.4. R-Werte

Die Häufigkeitsverteilung des R-Wertes zeigt Abbildung 14. Bei 75 % der Fleischproben lagen die Werte dicht um den Mittelwert  $\bar{x} = 0,95$  in den Klassen von 0,92 bis 0,98.

R-Werte von 1,04 und 1,05 wurden bei den untersuchten Proben nicht gemessen.

Höhere Werte besaßen nur 5 der Fleischproben (2,6 %), deren Beziehung zum  $pH_1$ -Wert in Abbildung 10 dargestellt ist. 4 der Proben stammten von Tierkörpern, die bereits 1 h p.m. einen pH-Wert  $\leq 5,9$  aufwiesen.

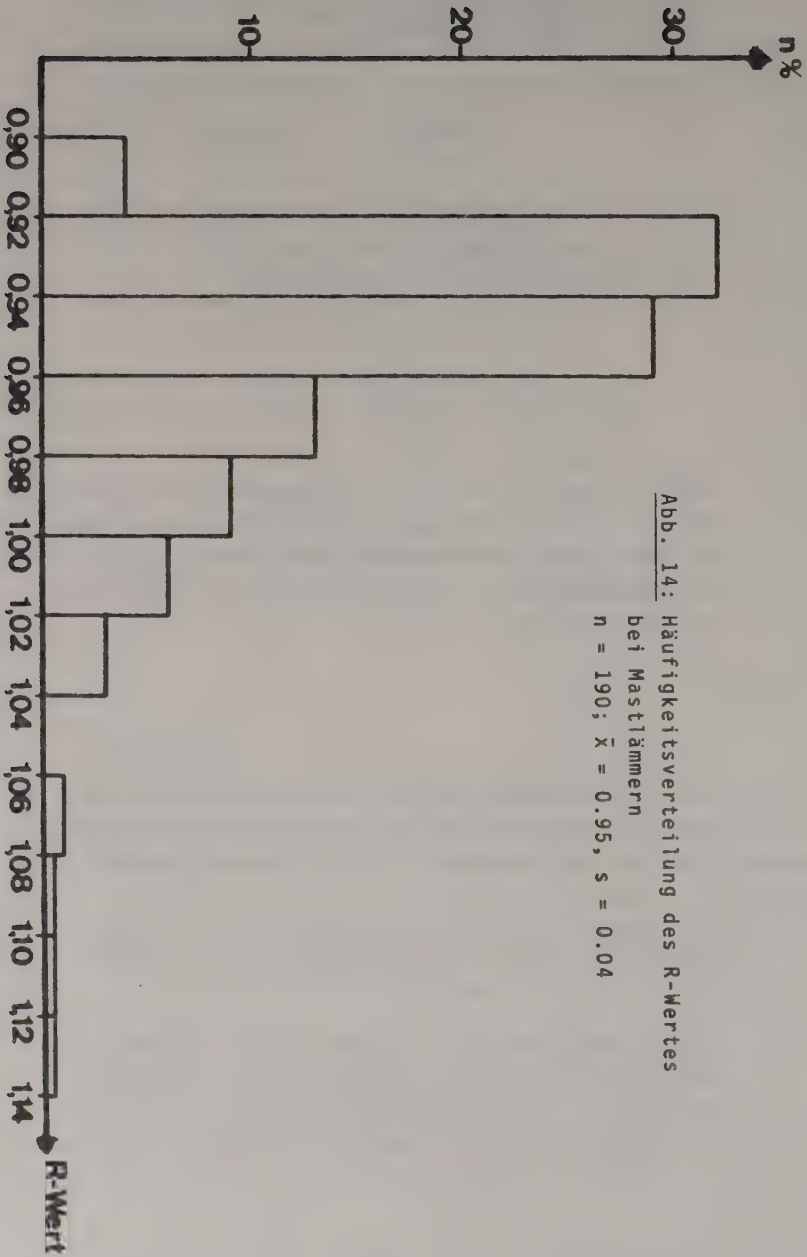


Abb. 14: Häufigkeitsverteilung des R-Wertes  
bei Mastlämmern  
 $n = 190$ ;  $\bar{x} = 0.95$ ,  $s = 0.04$

Den höchsten gemessenen R-Wert mit 1,12 ergab die Probe eines Tierkörpers, der einen hohen  $\text{pH}_1$ -Wert besaß (6,79), der sich nach 24 Stunden nicht verändert hatte ( $\text{pH}_{24} = 6,82$ ).

Betrachtet man die Tierkörper, die einen abweichenden pH-Verlauf besaßen, d.h. deren  $\text{pH}_1$ -Wert schon unter 6,0 bzw. deren  $\text{pH}_{24}$ -Wert über 6,0 lag, so fällt auf, daß ein hoher Prozentsatz von ihnen auch erhöhte R-Werte aufwies. Tabelle 8 zeigt, daß oberhalb eines R-Wertes von 1,04 alle Tierkörper einen stark abweichenden pH-Verlauf besaßen.

Tabelle 8: Anteil der Tierkörper mit einem abweichenden pH-Verlauf bei steigendem R-Wert

| R-Wert | n Tierkörper | davon n Tierkörper, die<br>die Bedingungen erfüllen:<br>$\text{pH}_1 < 6,0$ oder $\text{pH}_{24} > 6,0$ |
|--------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,99   | 31           | 25 = 81 %                                                                                               |
| 1,00   | 24           | 20 = 83 %                                                                                               |
| 1,01   | 19           | 16 = 84 %                                                                                               |
| 1,02   | 11           | 10 = 91 %                                                                                               |
| 1,03   | 10           | 9 = 90 %                                                                                                |
| 1,04   | 5            | 5 = 100 %                                                                                               |

Die anderen gemessenen Parameter der Tierkörper mit einem R-Wert über 1,04 gibt Tabelle 9 wieder.

Tabelle 9: Zusammenstellung der sonstigen Meßwerte von Tierkörpern, deren R-Wert über 1,04 lag

| R-Wert | pH <sub>1</sub> | Ri <sub>1</sub> | pH <sub>6</sub> | Ri <sub>6</sub> | pH <sub>24</sub> | Ri <sub>24</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>24</sub> |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|
| 1,06   | 5,84            | 7               | 5,63            |                 | 5,57             |                  | 0,50           |                 |
| 1,07   | 5,61            | 11              | 5,92            | 10              | 5,52             |                  | 0,49           |                 |
| 1,09   | 5,88            | 13              | 5,81            | 15              | 5,83             | 15               | 0,46           |                 |
| 1,10   | 5,61            | 10              | 5,68            | 14              | 5,69             | 15               | 0,51           | 0,47            |
| 1,12   | 6,79            | 12              | 6,80            | 13              | 6,82             | 15               | 0,53           | 0,48            |

Auffallend sind bei den unteren 4 Tierkörpern in Tabelle 9 der erhöhte Ri<sub>1</sub>-Wert ( $\bar{x} = 8,0$ ) und beim untersten Tierkörper die erhöhten Q-Werte ( $Q_1\bar{x} = 0,47$ ;  $Q_2\bar{x} = 0,45$ ).

Tabelle 10: Zusammenstellung der gemessenen R-Werte von Tierkörpern, die einen abweichenden Reifungsverlauf aufwiesen

|                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| pH <sub>1</sub> ≤ 5,80  | 5,80 | 5,78 | 5,77 | 5,72 | 5,70 | 5,70 | 5,65 | 5,61 | 5,61 |
| R-Wert                  | 0,92 | 1,03 | 0,99 | 1,00 | 0,93 | 0,99 | 1,01 | 1,07 | 1,10 |
| pH <sub>24</sub> ≥ 6,39 | 6,39 | 6,39 | 6,42 | 6,62 | 6,82 | 6,91 |      |      |      |
| R-Wert                  | 0,98 | 0,99 | 0,92 | 1,03 | 1,12 | 1,00 |      |      |      |

Tabelle 10 gibt einen Überblick über die R-Werte der Tierkörper, deren Fleisch einen stark abweichenden Reifungsverlauf aufwies. Bei den 9 Tierkörpern, deren Fleisch einen überstürzten pH-Abfall zeigte (PSE-Tendenz), wurde in 2 Fällen ein R-Wert ermittelt, der nicht auffallend erhöht war. Von den 6 Tierkörpern mit unvollständiger Fleischreifung besaß einer keinen erhöhten R-Wert.

#### 4.5. Die chemisch induzierte Glykolyse

Nach 25 Minuten war bei der chemisch induzierten Glykolyse weitgehend eine Konstanz der pH-Werte erreicht (Tabelle 11).

Über die Hälfte der Proben (58 %) wich von den gemessenen  $\text{pH}_{24}$ -Werten um weniger als 0,1 pH-Einheiten ab. Größere Abweichungen (0,23 und 0,25 pH-Einheiten) zeigten nur 2 der Proben (8 %).

Die Beziehung zwischen End-pH-Werten der vorgezogenen Glykolyse und den am Tierkörper gemessenen zeigt Abbildung 15.

#### 4.6. Sensorische Prüfung und Messung von Erhitzungsverlusten

Eine Übersicht über die einzelnen Parameter der Tierkörper, die für die sensorische Prüfung ausgewählt wurden, gibt Tabelle 12. Die Tierkörper wurden außerdem in Abbildung 10 gekennzeichnet.

Zweck der sensorischen Prüfung war es, herauszufinden, ob ein geschmacklich wahrzunehmender Unterschied bestand zwischen Fleisch mit PSE-Tendenzen (hoher R-Wert, hoher Anfangsrigor und niedriger  $\text{pH}_1$ -Wert) und solchem, dessen Parameter keine auffälligen Abweichungen zeigten, das also "normal" gereift war.

Tabelle 11: Zeit bis zum Erreichen eines konstanten pH-Wertes bei Schafffleisch, das der chemisch induzierten Glykolyse unterworfen wurde, sowie Differenzen dieser Werte zum pH<sub>24</sub>-Wert, gemessen am Tierkörper  
n = 26

| konstanter pH-Wert |           | Differenzen zum pH <sub>24</sub> -Wert am Tierkörper |           |           |           |  |
|--------------------|-----------|------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--|
| min.               | n         | <0,10                                                | 0,11-0,15 | 0,16-0,20 | 0,21-0,25 |  |
|                    | n         | n                                                    | n         | n         | n         |  |
| 5                  | 2 (8%)    | 2                                                    | -         | -         | -         |  |
| 10                 | 10 (39%)  | 7                                                    | 1         | 2         | -         |  |
| 15                 | 18 (69%)  | 11                                                   | 3         | 3         | 1         |  |
| 20                 | 21 (81%)  | 13                                                   | 3         | 4         | 2         |  |
| 25                 | 25 (96%)  | 15                                                   | 4         | 4         | 2         |  |
| 30                 | 26 (100%) | 15 (58%)                                             | 5 (19%)   | 4 (15%)   | 2 (8%)    |  |

End-pH der chem.  
induz. Glykolyse

Abweichung + 0.15

Abweichung ± 0

Abweichung - 0.15

5,8

5,7

5,6

5,5

5,6

5,7

5,8

pH<sub>24</sub>, gemessen am Tierkörper

Abb. 15: Beziehung zwischen End-pH-Werten  
der chem. induz. Glykolyse und  
am Tierkörper gemessenen pH<sub>24</sub>-  
Werten

pH<sub>24</sub>  $\bar{x} = 5.69$   $s = 0.10$

pH<sub>c.i.g.</sub>  $\bar{x} = 5.67$   $s = 0.10$

Tabelle 12: Zusammenstellung der Parameter der Tierkörper, die für die sensorische Prüfung selektiert wurden

selektierte Tierkörper mit abweichenden Merkmalen

| Test | R-Wert | pH <sub>1</sub> | Ri <sub>1</sub> | pH <sub>6</sub> | Ri <sub>6</sub> | pH <sub>24</sub> | Ri <sub>24</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>24</sub> | Geschlecht |
|------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|------------|
| 1    | 1,10   | 5,61            | 10              | 5,68            | 14              | 5,69             | 15               | 0,51           | 0,47            | weiblich   |
| 2    | 1,00   | 5,72            | 11              | 5,61            | 14              | 5,55             | 14               | 0,61           | 0,42            | weiblich   |
| 3    | 1,03   | 5,88            | 10              | 5,85            | 13              | 5,88             | 13               | 0,45           | 0,44            | männlich   |

selektierte Tierkörper ohne abweichende Merkmale

| Test | R-Wert | pH <sub>1</sub> | Ri <sub>1</sub> | pH <sub>6</sub> | Ri <sub>6</sub> | pH <sub>24</sub> | Ri <sub>24</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>24</sub> | Geschlecht |
|------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|------------|
| 1    | 0,92   | 6,33            | 6               | 6,10            | 13              | 5,62             | 15               | 0,49           | 0,45            | männlich   |
| 2    | 0,91   | 6,24            | 9               | 5,98            | 10              | 5,60             | 15               | 0,46           | 0,40            | weiblich   |
| 3    | 0,94   | 6,18            | 6               | 5,87            | 12              | 5,67             | 12               | 0,44           | 0,40            | weiblich   |

#### 4.6.1. Koch- und Bratprobe

Bei der Ermittlung der Koch- und Bratverluste zeigte das Fleisch von den Tierkörpern mit abweichenden Merkmalen keine eindeutige Tendenz in der Gewichtsabweichung. Bei der Kochprobe wurde einmal ein größerer, einmal ein geringerer und einmal kein Unterschied im Gewichtsverlust gemessen.

Bei der Bratprobe zeigte das Fleisch von dem Tierkörper mit abweichenden Merkmalen zweimal einen geringeren und einmal einen höheren prozentualen Gewichtsverlust (Tabelle 13).

Tabelle 13: Zusammenstellung der prozentualen Erhitzungsverluste der Fleischproben von jeweils zwei Tierkörpern mit unterschiedlichem Reifungsverlauf

| Test | Kochprobe<br>Gew.-Verlust in % |    | Bratprobe<br>Gew.-Verlust in % |    |
|------|--------------------------------|----|--------------------------------|----|
|      | A                              | B  | A                              | B  |
| 1    | 44                             | 44 | 33                             | 37 |
| 2    | 2                              | 28 | 39                             | 47 |
| 3    | 46                             | 38 | 40                             | 38 |

A = Tierkörper mit abweichenden Merkmalen

B = Tierkörper ohne abweichende Merkmale

#### 4.6.2. Subjektiver Farbintensitätsvergleich

In zwei der drei Tests wurde die Fleischfarbe der Lammkeulen ohne abweichende Merkmale von den Prüfpersonen als eindeutig dunkler empfunden (Tabelle 14).

Bei Test 1 prüften 12 Personen nacheinander die bereitgelegten Lammkeulen. Das Ergebnis fiel mit 10 : 2 eindeutig aus. In Test 2 und 3 gab es bei der Beurteilung keine unterschiedlichen Aussagen.

Tabelle 14: Ergebnis des subjektiven Farbintensitätsvergleiches

| Test | A | B |
|------|---|---|
| 1    |   | + |
| 2    | + |   |
| 3    |   | + |

A = Tierkörper mit abweichenden Merkmalen

B = Tierkörper ohne abweichende Merkmale

+ = dunklere Fleischfarbe

#### 4.6.3. Triangeltest mit bewertender Prüfung

Bei den drei Tests wurden jeweils 16 Urteile abgegeben. Bei Test 1 war die Hälfte der Antworten richtig (Tabelle 15). Bei Test 2 waren 10 Antworten richtig und bei Test 3 sogar 11, woraus sich ein signifikanter Unterschied ergibt für eine Wahrscheinlichkeit von  $P = 95$  (Test 2) bzw.  $P = 99$  (Test 3).

In zwei Fällen wurde auf dem Fragebogen (Abb. 16) zunächst die falsche verschlüsselte Fleischprobe angekreuzt. Im nächsten Schritt, bei der Bewertung der einzelnen Proben, wurden dann 2 der Proben völlig identisch bewertet und die dritte, tatsächlich von dem anderen Tierkörper stammende, abweichend davon. In diesen Fällen wurde die Antwort für den Triangeltest als richtig gewertet.

Tabelle 15: Sensorische Prüfung (Triangeltest) von gegarten Lammkeulenproben selektierter Tierkörper mit und ohne abweichende Merkmale

| Test | Urteile | richtige Antworten <sup>x</sup> |
|------|---------|---------------------------------|
| 1    | 16      | 8                               |
| 2    | 16      | 10 <sup>+</sup>                 |
| 3    | 16      | 11 <sup>++</sup>                |

x = die Proben der Tierkörper mit abweichenden Merkmalen wurden erkannt

+ = signifikanter Unterschied ( $\alpha$  = 0,05)

++ = signifikanter Unterschied ( $\alpha$  = 0,01)

Abb. 16: Fragebogenschema für die  
sensorische Prüfung

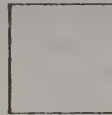
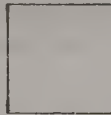
Prüfgut: Lammkeule

Datum:

Prüfmerkmal: Konsistenz

Prüfer:

- Eine der 3 Fleischproben unterscheidet sich von den beiden anderen. Welche?



- Die Proben sind nach untenstehendem Schlüssel zu bewerten

| Probe Nr. | Geschmack | Konsistenz | Saftigkeit | Faserstruktur |
|-----------|-----------|------------|------------|---------------|
|           |           |            |            |               |
|           |           |            |            |               |
|           |           |            |            |               |

Bewertungsschlüssel:

Geschmack: 1 = vollaromatisch 2 = aromatisch 3 = ausdruckslos

Konsistenz: 1 = besonders zart 2 = spezifisch zart 3 = fest

Saftigkeit: 1 = besonders saftig 2 = spez. saftig 3 = trocken

Struktur: 1 = fein 2 = mittel 3 = grob

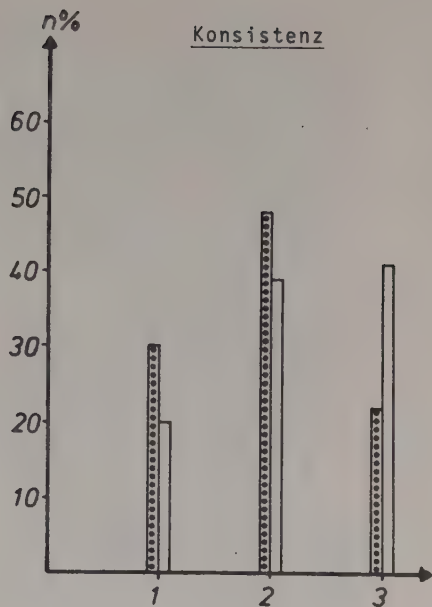
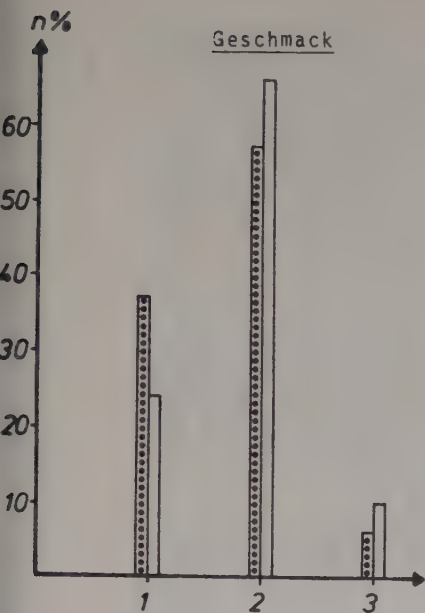
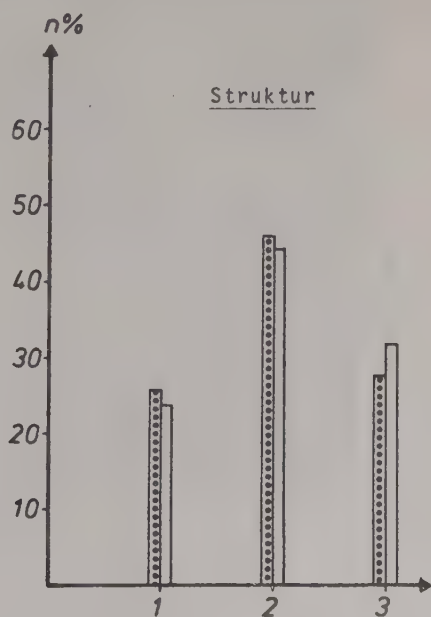
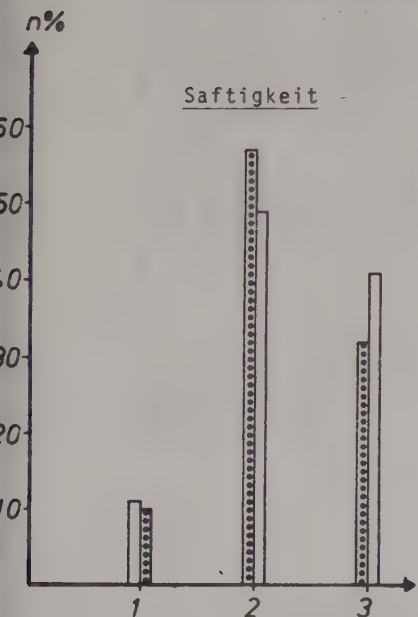


Abb. 17: Sensorische Bewertung des Fleisches selektierter Schafschlachttierkörper  
1 steht für überdurchschnittliche, 2 für durchschnittliche und 3 für eher negative Fleischeigenschaften



■ = selektierter Tierkörper mit abweichenden Merkmalen

□ = selektierter Tierkörper ohne abweichende Merkmale

Die Auswertung der bewertenden Prüfung zielte darauf ab, die Unterschiede, die von besonders befähigten Prüfern erkannt wurden, näher zu charakterisieren. Dazu wurden die Wertungen der Prüfer mit richtigem Triangeltest für jedes einzelne Kriterium graphisch dargestellt, indem die relative Häufigkeit der einzelnen Bewertungspunkte verglichen wurde.

Wie aus Abbildung 17 zu ersehen ist, wurden die Fleischproben der Tierkörper mit abweichenden Merkmalen in allen Kriterien besser bewertet, besonders hinsichtlich Geschmack und Konsistenz. Mit der Note 1 nach dem Bewertungsschlüssel (Abb. 16) wurden diese Fleischproben auffallend häufiger bewertet.

Mit einer festen Konsistenz wurden 40 % der "normalgereiften" Fleischproben beurteilt, wohingegen 30 % der Proben mit PSE-Tendenz als besonders zart empfunden wurden.

Generell wurde das Fleisch geschmacklich gut eingestuft; nur jeweils weniger als 10 % der Proben bekamen die Note 3.

Dahingegen wurde die Saftigkeit schlechter beurteilt. Hier wurden nur jeweils 10 % der Proben mit der Note 1 = besonders saftig bewertet.

Bei der Bewertung der Struktur waren weniger große Differenzen festzustellen. Doch auch hier wurde das Fleisch der Tierkörper mit abweichenden Merkmalen besser beurteilt.

In Tabelle 16 sind die möglichen Richtwerte zur Bestimmung der Fleischqualität von Schafschlachttierkörpern zusammengestellt, die bei der durchgeführten Reihenuntersuchung an 190 Tierkörpern aus den aufgeführten Ergebnissen abgeleitet wurden.

Tabelle 16: Mögliche Richtwerte für normale Fleischqualität und für Abweichungen bei Schlachttierkörpern von Lämmern, gemessen in der Muskulatur der Hinterextremität (Mm. gracilis, semimembranosus, semitendinosus)

|                          | h  | Normalwerte | Richtwerte für      |                        |
|--------------------------|----|-------------|---------------------|------------------------|
|                          |    |             | überstürzte Reifung | unvollständige Reifung |
| pH <sup>1)</sup>         | 1  | 6,0 - 6,5   | ≤ 5,8               | > 6,4                  |
|                          | 6  | 5,8 - 6,2   |                     |                        |
|                          | 24 | 5,6 - 6,0   |                     |                        |
| R-Wert <sup>2)</sup>     | 1  | 0,92-0,98   | ≥ 1,04              | ≥ 1,04                 |
| Rigor-Wert <sup>3)</sup> | 1  | 6 - 10      | > 10                | > 12                   |
|                          | 6  | 10 - 14     |                     |                        |
|                          | 24 | 12 - 15     |                     |                        |

- 1) pH-Wert ermittelt im M. semimembranosus
- 2) Die Muskelproben enthielten Anteile der Mm. gracilis, semimembranosus und semitendinosus
- 3) gemessen auf dem M. gracilis

## D. Diskussion

=====

### 1. Die Meß- und Probenentnahmestelle am Schafschlachttierkörper

Bei den in der Literatur beschriebenen Untersuchungen über Fleischqualitätsparameter von Schaffleisch handelt es sich ausnahmslos um Modellversuche unter definierten Bedingungen. Den Autoren stand jeweils ein Kollektiv von Tieren zur Verfügung, das eigens für die Versuche beschafft worden war. Art und Umfang der Probenentnahmen schlossen die weitere Verwendung der Tierkörper, bzw. der betreffenden Fleischpartien, für eine kostendeckende Vermarktung von vorneherein aus.

Dahingegen sollte in der vorliegenden Arbeit versucht werden, praktikable Methoden zur Reihenuntersuchung von Schafschlachttierkörpern unter standardisierbaren Bedingungen zu finden.

Da bei der Herrichtung der Tierkörper eine Längsteilung nicht vorgenommen wird und somit keine Muskelanschnittsflächen offen liegen, verursachen die Messung des pH-Wertes und die Entnahme einer Fleischprobe in jedem Falle eine äußerlich sichtbare Beschädigung des Tierkörpers. Es mußte also eine Stelle gefunden werden, an der diese Beschädigung möglichst unauffällig ist und auch bei der späteren Vermarktung vom Besitzer toleriert wird.

Als wertbestimmende Teile des Schafschlachttierkörpers werden die Fleischpartien des Kotelettstranges und der Hinterextremität angesehen.

Die Untersuchung des *M. longissimus dorsi* erwies sich als nicht praktikabel, da hierbei unübersehbare Beschädigungen am Tierkörper verursacht wurden. Beim

Zugang zu diesem Muskel von außen her muß die an allen Tierkörpern einheitlich verbleibende, glatte Unterhautschicht durchstoßen werden. Hierfür beschrieb PETERSEN (1982) ein Gerät zur Muskelprobenentnahme. Es handelt sich um einen 8 mm starken Trokar mit seitlichem Ausschnitt und angeschliffenen Rändern. Die Fleischprobe wurde vor dem Drehen und Herausziehen des Trokars mittels Unterdruck, erzeugt durch eine Spritze, in sein Lumen hineingesaugt und festgehalten. Die Menge des so gewonnenen Materials war recht gering (ca. 2 g). Über den routinemäßigen Einsatz eines solchen Gerätes ist jedoch nichts bekannt.

Mag die äußerlich sichtbare Beschädigung des Tierkörpers bei Anwendung dieser Methode klein sein, so tritt sie jedoch bei der späteren Vermarktung (Zerteilen des Kotelettstranges in Scheiben) zu Tage.

Ein von REUTER et al. (1977) entwickeltes Probenentnahmegesetz für Muskelproben zur bakteriologischen Untersuchung ist für Fleischqualitätsuntersuchungen weniger geeignet, da nur etwa 0,5 g Muskulatur gewonnen werden können.

Der Zugang zum *M. longissimus dorsi* von innen her ist mit umständlichem Hantieren im engen Brustkorb des Tierkörpers verbunden. Außerdem ist der Abstand zwischen den Rippen relativ klein. Beschädigungen sind auch hier recht auffällig.

An den nach den AB.A zum Fleischbeschauengesetz ordnungsgemäß hergerichteten Tierkörpern ist die mediale Fläche der Hinterextremität unregelmäßig mit Fett- und Faszienresten bedeckt. Die Entnahme einer kleinen Muskelprobe mit dem Korkbohrer und das Einstechen mit der pH-Meter-Elektrode ist an dieser Stelle durch einen korrigierenden Schnitt recht gut zu überdecken. Deshalb wurde dieser Bereich zur Messung und Probenentnahme gewählt.

Die Einstichstelle lag ca. 5 cm paramedian auf der Mitte der medialen Oberschenkelmuskulatur. Die ermittelten Werte stammten vom M.semimembranosus; die entnommenen Muskelproben enthielten auch Anteile der Mm.gracilis und semitendinosus.

Die spätere Vermarktung der 190 untersuchten Tierkörper führte in keinem Falle zu Beschwerden von Seiten der Besitzer.

## 2. Wasserbindungsvermögen (WBV), bewertet nach Q-Werten der Filterpapierpreßproben

Die Ermittlung des WBV von Schafffleisch, ausgedrückt als Q-Wert (HOFMANN et al., 1982; REUTER, 1982), ist in der Literatur nicht beschrieben. Somit sind die gefundenen Werte nicht mit denen anderer Autoren vergleichbar.

Beim Q-Wert handelt es sich um eine Verhältniszahl (Fleischfläche/Gesamtfläche) der Filterpapierpreßprobe mit standardisierter Technik (REUTER, 1982, 1984), bei der eine genaue Fleisch-einwaage nicht erforderlich ist. Deshalb erschien dieses Verfahren vom Methodischen her als praktikabler Test, der für Reihenuntersuchungen geeignet ist.

Die Aussagekraft des Q-Wertes für die Fleischqualität von Schafffleisch erwies sich jedoch als zweifelhaft. Um die Fehlerquote bei der Auswertung so gering wie möglich zu halten, wurde auf den Einsatz des "Schablonen-Verfahrens" (REUTER, 1982; ALI-SEİD, 1983) verzichtet, da eine planimetrische Auswertung genauere Ergebnisse liefert (ALI-SEİD, 1983). Dennoch konnte keine funktionale Beziehung der Q-Werte zu den anderen ermittelten Parametern gefunden werden.

Die von BOUTON et al. (1972) beschriebene Abhängigkeit des WBV vom End-pH-Wert konnte nicht bestätigt werden. Demnach sollte Schafffleisch mit einem hohen End-pH-Wert ein besseres WBV besitzen, wie es auch typisch ist für Fleisch mit DFD-Charakter anderer Tierarten (FISCHER & HAMM, 1980; HAMM, 1972; AUGUSTINI & FISCHER, 1979). Bei der vorliegenden Untersuchung streuten die  $Q_{24}$ -Werte der Tierkörper mit einem hohen End-pH-Wert stark um den Mittelwert.

Ein geringes WBV bei Tierkörpern mit einem niedrigen  $pH_1$ -Wert, wie es charakteristisch ist für PSE-Fleisch bei Schweinen (HILDEBRANDT, 1968; SCHEPER, 1975; HONIKEL & FISCHER, 1977), konnte für Schafffleisch ebenfalls nicht nachgewiesen werden.

Diese Ergebnisse stimmen mit denen von TERZIS (1977) überein, der keine Beeinflussung des WBV durch den pH-Wert feststellen konnte.

Der Befund, daß das Fleisch weiblicher Lämmer ein signifikant besseres WBV besitzt als das männlicher Tiere, steht im Gegensatz zu den Erkenntnissen von SCHARNER & SCHIEFER (1977). Er stimmt jedoch mit den Ergebnissen von ALVI (1980 a) überein, der bei weiblichen Tieren ein besseres WBV als bei Böcken festgestellt hatte. Er bewies, daß höhere intramuskuläre Fetteinlagerungen bei Schafen und Hammeln verantwortlich waren. Diese waren bei den von ihm untersuchten 4 Monate alten Lämmern nicht so stark ausgeprägt, so daß ein signifikanter Unterschied nur für einjährige Tiere berechnet werden konnte.

In der vorliegenden Untersuchung konnte schon bei juvenilen Tieren eine Signifikanz nachgewiesen werden. Das mag seine Begründung in einem unterschiedlichen Ernährungszustand oder einem besseren rasse-

bedingten Fettansatzvermögen haben. So stellte TERZIS (1977) eine gewisse Abhängigkeit des WBV von der Schafrasse bzw. Kreuzungsstufe fest, ohne jedoch eine Begründung hierfür zu geben.

### 3. Rigor-Werte

Die standardisierte Durchführung der Rigormessung ist beim Einsatz des Rigormeters von entscheidender Bedeutung (REUTER, 1982). Dies beinhaltet nicht nur eine konstante Federkraft des Gerätes, sondern gilt in besonderem Maße für die Meßstelle und ihre Beschaffenheit. Eine genau definierte Meßstelle und eine optimale Messung konnten jedoch beim Einsatz am Schafschlachttierkörper nicht immer erreicht werden. Je nach Ernährungszustand war die Unterhautfettgewebeschicht bei einzelnen Tierkörpern unterschiedlich stark ausgeprägt. Die einzige Stelle, an der diese Schicht bei der Herrichtung teilweise mitentfernt wird, war der Bereich der Probenentnahmestelle. Die Schaffung einer völlig gleichartigen Beschaffenheit der Meßstelle war hier jedoch im Rahmen der Reihenuntersuchung nicht möglich, zumal des öfteren schon Beschädigungen der den *M. gracilis* bedeckenden Faszie vorhanden waren. Hierin ist sicherlich eine Fehlerquelle bei der Messung des Rigor mortis zu sehen.

War bei den  $Ri_1$ -Werten noch eine starke Streuung zu beobachten, so lagen die  $Ri_{24}$ -Werte alle im Bereich von 10 - 15 Rigoreinheiten. Sie bewegten sich somit in dem Bereich, der auch bei Schweineschlachttierkörpern den vollendeten Rigor mortis anzeigt (SYBESMA, 1966).

Etwa 10 % der Tierkörper, deren übrige Parameter im Normalbereich lagen, besaßen einen  $Ri_1$ -Wert, der größer als 10 war. Jedoch fiel folgendes auf: von

den 8 Tierkörpern mit beschleunigter Reifung besaßen 6 einen  $Ri_1 \geq 10$ . Der einzige Tierkörper mit offensichtlich unvollständiger Reifung zeigte einen  $Ri_1$ -Wert von 12. Von 6 Tierkörpern, bei denen ein R-Wert von mehr als 1,04 gemessen wurde, was ebenfalls auf eine abweichende Fleischqualität hindeutet, besaßen 5 einen  $Ri_1$ -Wert  $\geq 10$ . Somit bietet sich der Schluß an, daß ein ausgeprägter Rigor nach 1 Stunde auf eine abweichend verlaufende Fleischreifung hindeutet.

Nach diesen Ergebnissen kann die Rigormessung in der beschriebenen Weise bei Schafschlachttierkörpern bedingt als ergänzendes Hilfsmittel bei der Beurteilung von Fleischqualitätsabweichungen herangezogen werden.

#### 4. Die chemisch induzierte Glykolyse zum vorgezogenen Nachweis des End-pH-Wertes

Im Rahmen der vorliegenden Reihenuntersuchung war es nicht möglich, die Aussagekraft der chemisch induzierten Glykolyse nach VADA-KOVÁCS (1981) bei allen Tierkörpern zu untersuchen. Eine zweite 3 g schwere Fleischprobe aus der gleichen Hinterextremität mit dem Korkbohrer zu gewinnen, war nicht durchführbar. Die Defekte, die dabei in der Muskulatur verursacht worden wären, hätten zu einer wertmindernden Beschädigung dieser Fleischpartie geführt.

So wurde bei 26 Tierkörpern, deren andere Hinterextremität ebenfalls für eine Probenentnahme geeignet erschien, eine zweite Fleischprobe für die chemisch induzierte Glykolyse entnommen.

Mit dieser Methode ließ sich bei Schweinefleisch schon nach 6 Minuten Einwirkungszeit nach der Homogenisation der Probe mit der Elektrolytlösung

der  $\text{pH}_{24}$ -Wert ermitteln (REUTER, 1982). Bei Schafffleisch stellte sich erst nach 25 Minuten eine Konstanz des pH-Wertes ein.

60 % der Proben wichen um weniger als 0,1 pH-Einheiten vom  $\text{pH}_{24}$ -Wert, der am Tierkörper gemessen wurde, ab. Diese Abweichungen müssen toleriert werden, da sie innerhalb des Meßgenauigkeitsbereiches des pH-Meters liegen. Akzeptiert man einen Meßfehler von 0,15 pH-Einheiten, so lagen 80 % der Werte innerhalb dieses Bereiches. Die größten Differenzen zum  $\text{pH}_{24}$ -Wert betrugen 0,23 und 0,25 pH-Einheiten. Die Anwendung der chemisch induzierten Glykolyse kann bei solchen Abweichungen in Grenzfällen zu Fehlinterpretationen führen. In eindeutigen Fällen ermöglicht sie aber eine sichere Voraussage, auf welchem Niveau sich der  $\text{pH}_{24}$ -Wert einstellen wird.

Da die Proben aus zwei verschiedenen Hintervierteln genommen wurden und bei Schweinen auch gelegentlich Unterschiede nachgewiesen worden sind (REUTER, 1982), ist diesen vereinzelt Abweichungen keine zu große Bedeutung zuzumessen. Insgesamt hat sich auch für Schafffleisch bestätigt, daß die Bestimmung des End-pH-Wertes annähernd sicher chemisch herbeigeführt werden kann. Es wäre weiterhin zu klären, ob bei Schafffleisch eine genauere Bestimmung des End-pH-Wertes erreicht werden kann, wenn die Proben direkt nach der Entnahme, ohne Tiefgefrieren in  $\text{N}_2$ , aufbereitet werden. Die Veröffentlichung eines modifizierten noch einfacheren Verfahrens der vorgezogenen Glykolyse ist in Kürze zu erwarten (VADA-KOVÁCS, 1984).

## 5. R-Werte (Verhältnis von ATP/IMP)

Die Bestimmung des R-Wertes erwies sich als einfach und schnell durchzuführender Test, der jedoch an die Ausstattung des Labors gewisse Anforderungen stellt, wie z. B. das Vorhandensein eines Spektralphotometers.

Die ermittelten R-Werte lagen in dem Bereich zwischen 0,90 und 1,12. Das ist ein bedeutend engerer Bereich als bei Rind- und Schweinefleisch. Beim Rind wurden R-Werte von 0,75 bis 1,25 gemessen (FISCHER & HONIKEL, 1978), beim Schweinefleisch Werte von 0,80 bis 1,45 (HONIKEL & FISCHER, 1977).

Da es sich beim R-Wert um eine dimensionslose Zahl handelt, die das Verhältnis von energiereichen Adeninnukleotiden zu deren Abbauprodukten angibt, liegen bei Schafffleisch offenbar weniger große Differenzen zwischen beiden Stoffgruppen vor. Das bedeutet, daß bei der Mehrzahl der ermittelten Werte, die dicht um den Mittelwert von 0,95 lagen, eine fast ebenso große Menge von IMP und Xanthenen vorhanden war, wie von deren Vorstufen ATP, ADP und AMP. Bei Rind- und Schweinefleisch ist hier das Gleichgewicht zu Gunsten der Adeninnukleotide verschoben.

Bei Schweinefleisch ermöglicht der R-Wert, zusammen mit der Ermittlung des  $\text{pH}_1$ -Wertes, eine Identifizierung von PSE- bzw. DFD-Qualitäten (HONIKEL & FISCHER, 1977; REUTER, 1982). Beim Rind zeigt DFD-Fleisch dagegen keine erhöhten R-Werte. Das liegt vermutlich daran, daß eine hohe ATP-Konzentration durch eine andere energiereiche Verbindung, das Kreatinphosphat, für längere Zeit aufrecht erhalten wird (FISCHER & HONIKEL, 1978).

Unterstützt wird diese Vermutung durch die Untersuchungen von BENDALL (1978), die zeigten, daß die durchschnittliche Konzentration an Kreatinphosphat in Rindfleisch kurz nach der Schlachtung mit  $19,3 \mu\text{mol/g}$  wesentlich höher lag als beim Schweinefleisch mit  $11,1 \mu\text{mol/g}$ . Die für Schafffleisch ermittelte durchschnittliche Konzentration an Kreatinphosphat von  $14,6 \mu\text{mol/g}$  war ebenfalls deutlich kleiner als bei Rindfleisch.

Daraus läßt sich folgern, daß bei Schafffleisch ein hoher ATP-Spiegel nicht oder nicht in dem Maße wie beim Rind durch Kreatinphosphat aufrecht erhalten werden kann und ein erhöhter R-Wert somit eine unvollständige Reifung anzeigen kann.

Bei der vorliegenden Reihenuntersuchung wurden 6 Tierkörper ermittelt, die eine unvollständige Fleischreifung aufwiesen, d. h. der  $\text{pH}_{24}$ -Wert lag bei 6,4 und darüber, wenn man den Grenzwert von BEHRENS (1983) zu Grunde legt. Dieser Wert weist beim Schwein auf DFD-Qualitäten hin (REUTER, 1982). Von den 6 ermittelten Tierkörpern zeigten 5 einen leicht bis stark erhöhten R-Wert.

Von den 9 Tierkörpern, deren Fleisch einen pH-Abfall auf Werte unter 5,8 innerhalb einer Stunde aufwies - das entspricht dem Grenzwert für PSE-Schweinefleisch (REUTER, 1982) -, besaßen 2 Tierkörper R-Werte, die nicht erhöht waren.

Vermutlich bedingt durch den engen Bereich, in dem sich die R-Werte bei Schafffleisch bewegen, konnte schon bei Werten, die sich 1,0 näherten, auf eine mögliche PSE- bzw. DFD-Tendenz in Verbindung mit dem pH-Wert geschlossen werden. Mit steigendem R-Wert stieg der prozentuale Anteil der Tierkörper,

deren Fleisch einen abweichenden Reifungsverlauf aufwies. Oberhalb eines R-Wertes von 1,04 lag in allen Fällen eine überstürzte bzw. unvollständige Fleischreifung vor.

Bei stark erhöhten R-Werten konnte also auf einen abweichenden Reifungsverlauf des Fleisches geschlossen werden. Umgekehrt bedingte eine abweichende pH-Entwicklung nicht in allen Fällen einen stark erhöhten R-Wert. Welche Faktoren hierfür verantwortlich sind, konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht geklärt werden.

## 6. pH-Werte

Die in der vorliegenden Untersuchung ermittelten durchschnittlichen Anfangs-pH-Werte, aufgrund schlachtechnischer Erfordernisse 1 h p.m. gemessen, sind mit den in der Literatur angegebenen Werten nicht direkt vergleichbar. Das liegt darin begründet, daß die pH-Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten p.m. durchgeführt worden sind. TERZIS (1977) bestimmte den Anfangs-pH 45 Minuten p.m.. Der Mittelwert lag mit 6,72 deutlich über dem von mir ermittelten (6,24). BENDALL (1979) nahm die Anfangsmessungen 10 Minuten p.m. vor und kam folglich zu einem noch höheren Wert von 6,93.

Zu den von ALVI (1980a) ermittelten Anfangswerten von 6,22 und 6,47 machte der Autor keine Angaben über den Zeitpunkt der Messung. Es ist zu vermuten, daß der Anfangs-pH hier 1 h p.m. bestimmt wurde, da die Werte mit denen der vorliegenden Untersuchung übereinstimmen.

Angaben über durchschnittliche pH-Werte, die an Schafschlachttierkörpern 6 h p.m. gemessen wurden, waren der Literatur nicht zu entnehmen, da bei der Mehrzahl der Untersuchungen jeweils nur der End-pH-Wert von Interesse war.

Im Zusammenhang mit Untersuchungen über die Anwendung der Elektrostimulierung bei Schafschlachttierkörpern gaben RASHID et al. (1983) Zeitspannen von 12 Stunden an, die das Fleisch unstimulierter Kontrolltiere benötigten, um pH-Werte von 6,0 zu erreichen. Dieser Wert wurde in der vorliegenden Reihenuntersuchung bei 60 % der Tierkörper schon 6 h p.m. erreicht.

In einer weiteren Untersuchung über die Anwendung der Elektrostimulierung gaben SPECHT et al. (1983) Zeitspannen von ca. 24 Stunden an, bevor in Schaffleisch ein pH-Wert von 6,0 erreicht war. Nach BEHRENS (1983) deutet bei Schaffleisch ein pH-Wert von 6,0, gemessen 24 h p.m., auf eine einwandfreie Fleischentwicklung hin.

Eigene Untersuchungen ergaben dahingegen, daß es sich bei einem  $\text{pH}_{24}$ -Wert von 6,0 nicht um einen Normalwert, sondern um den oberen Grenzwert handelt. Das stimmt mit den aus der übrigen Literatur zu entnehmenden Werten überein (SCHIEFER, 1975; TERZIS, 1977; MONIN & GIRE, 1977; BENDALL, 1979, CRYSTALL et al., 1980; ALVI, 1980a; PINKAS et al., 1981).

Die wiederholte Messung des pH-Wertes in den Hinterextremitäten der Tierkörper, die für die sensorische Prüfung selektiert worden waren, nach fünf-tägiger Reifung bei + 1 bis + 4° C ergab nur minimale Differenzen zum  $\text{pH}_{24}$ -Wert. Insofern konnte bestätigt werden, daß beim Schaf der End-pH-Wert

schon 24 h p.m. erreicht wird (SCHIEFER, 1975; PETERSEN, 1981; DRANSFIELD, 1981; PETERSEN & BLACKMORE, 1982).

Eine Abhängigkeit der pH-Entwicklung vom Geschlecht der Tiere konnte nicht nachgewiesen werden. Das bestätigt die Aussagen von SCHIEFER (1975), ALVI (1980 a und b) und PINKAS et al. (1982)

AUGUSTINI et al. (1980) und AUGUSTINI & FISCHER (1981) stellten bei Rindern und Schweinen mit längerer Standzeit vor dem Schlachten einen höheren Anteil an Tierkörpern mit DFD-Fleisch fest. Sie sahen die Ursache hierfür in einer Glykogenverarmung der Muskulatur infolge von Hunger und längerdauerndem Streß.

Eigene Untersuchungen lassen dahingegen vermuten, daß sich bei Schafen eine längere Standzeit eher positiv auf eine normale Fleischreifung auswirkt. Das Fleisch der Tiere mit einer Standzeit von 2 bzw. 4 Tagen vor dem Schlachten wies keine  $\text{pH}_{24}$ -Werte über 6,0 auf. Es konnten jedoch nur zwei Kollektive von jeweils 14 Tieren mit längerer Standzeit untersucht werden. Der zahlenmäßige Umfang ist sicherlich zu gering, um eine endgültige Aussage treffen zu können.

## 7. Sensorische Prüfung und Messung von Erhitzungsverlusten

Der Zweck dieser Prüfungen war es, festzustellen, ob Schaffleisch, das nach dem angewandten Testverfahren Tendenzen einer beschleunigten Reifung aufwies, sensorisch als solches identifiziert werden konnte. Da Schaffleisch nicht zu Wurst- und Pökelfleisch weiterverarbeitet wird, waren nicht die verarbeitungstechnischen, sondern die für den Verbraucher wichtigen Kriterien, wie Erhitzungsverluste, Farbe und geschmackliche Eigenschaften, von Interesse.

Bei der Koch- und Bratprobe konnten keine Unterschiede zwischen normalgereiftem Fleisch und solchem mit beschleunigter Reifung festgestellt werden, d. h., der vor allem bei PSE-Schweinefleisch bekannte Qualitätsmangel des stark erhöhten Wasserverlustes beim Garen lag offensichtlich hier nicht vor. Die prozentualen Gewichtsverluste sind mit den von SCHIEFER (1975) ermittelten Werten vergleichbar.

Eine blässere Farbe, jeweils verglichen mit der normalgereiften Fleischprobe, wurden in 2 der 3 Tests dem Fleisch mit beschleunigter Reifung zuerkannt. Eine große Aussagekraft kann diesem Test jedoch, abgesehen vom Stichprobenumfang, nicht zugemessen werden, da es für die jeweilige Prüfperson eine Alternativenentscheidung war, die eine abgestufte Bewertung nicht ermöglichte. Ob bei den anderen ermittelten Tierkörpern mit beschleunigter Reifung eine hellere Fleischfarbe vorlag, konnte im Rahmen der Reihenuntersuchung nicht geklärt werden. Auch bei der Auswertung der Filterpapierpreßproben konnten hier Farbunterschiede nicht festgestellt werden.

In zwei der drei Triangeltests wurde von dem Prüferkollektiv ein signifikanter Unterschied zwischen den normalgereiften Fleischproben und denen mit beschleunigter Reifung festgestellt. Die sich anschließende bewertende Prüfung ergab jedoch, daß das Fleisch mit beschleunigter Reifung in allen Punkten (Geschmack, Konsistenz, Saftigkeit, Struktur) besser bewertet wurde als die Kontrollprobe.

Demnach ergäben sich für den Verbraucher keine qualitativen Nachteile durch den Verzehr von Lammfleisch mit beschleunigter Reifung. Es muß jedoch noch einmal

darauf hingewiesen werden, daß diese Aussagen aufgrund der geringen Zahl verfügbarer Tierkörper mit abweichenden Merkmalen, keine Allgemeingültigkeit besitzen können. Es war leider nicht möglich, für einzelne Tierkollektive besondere Streßsituationen herbeizuführen, was zu einem experimentellen Vergleich nötig gewesen wäre.

#### 8. Mögliche Richtwerte für die Ermittlung von Qualitätsmerkmalen bei Lammfleisch

Die ermittelten Werte der vorliegenden Reihenuntersuchung wurden in Tabelle 16 als mögliche Richtwerte für die routinemäßige Ermittlung von Qualitätsmerkmalen bei Lammfleisch zusammengestellt.

Die wenigen in der Literatur gefundenen Anfangs-pH-Werte waren zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemessen worden, bzw. es wurden keine Zeitangaben gemacht. Die Mehrzahl der Untersuchungen wurden am M. longissimus dorsi vorgenommen. Bei den Autoren, die verschiedene Muskeln in ihre Untersuchungen einbezogen hatten, lagen die pH-Werte des M. longissimus dorsi und die der Muskeln der Hinterextremität (M. semimembranosus, M. semitendinosus) dicht beieinander (SCHIEFER, 1975; MONIN & GIRE, 1977; PINKAS et al., 1981).

Hinweise, daß der pH-Abfall im M. longissimus dorsi wie beim Schwein (SCHEPER, 1978) oder Rind (AUGUSTINI & FISCHER, 1979) schneller vonstatten geht, waren nicht zu finden. Die von TER ZIS (1977) ermittelten Werte liegen eher etwas höher. Somit können die an der geprüften Meßstelle gewonnenen pH-Werte als repräsentativ für den Tierkörper angesehen werden.

Die gefundenen Normalwerte sowie die Grenzwerte für überstürzte oder unvollständige Reifung entsprechen den derzeit bei Schweinefleisch angewandten pH-Werten (REUTER, 1982).

Bei den R-Werten lagen die Normalwerte in einem sehr viel engeren Bereich als beim Schweinefleisch. Entsprechend niedriger waren die Grenzwerte, oberhalb derer eine abweichende Fleischqualität vermutet werden kann.

Die Messung des Rigor mortis war mit der Schwierigkeit verbunden, daß eine einheitliche Beschaffenheit der Meßstelle nicht geschaffen werden konnte. Es zeichnete sich jedoch die Tendenz ab, daß Werte von 10 - 15 Einheiten einen vollendeten Rigor anzeigen. Dies stimmt mit den Angaben von SYBESMA (1966) überein.  $Ri_1$ -Werte, die größer als 10 waren, gaben offenbar zusammen mit der pH- und R-Wert-Bestimmung einen weiteren Anhaltspunkt für eine abweichende Fleischqualität. Nach 6 Stunden p.m. war der Rigor mortis bei den Schafschlachttierkörpern bereits voll ausgebildet. Weitere Messungen erbrachten dann keine zusätzlichen Informationen mehr; die Werte streuten zwischen 12 und 15 Rigor-Einheiten.

Bei der routinemäßigen Überprüfung der substantiellen Qualität von Lammfleisch erwiesen sich also folgende Methoden als praktikabel:  
Elektrometrische pH-Messung und R-Wert-Bestimmung.  
Bei Überschreiten der vorgeschlagenen Grenzwerte sollte bei Verdacht auf unvollständige Reifung die Methode der chemisch induzierten Glykolyse angewandt werden. Die Rigormessung kann als ergänzendes Hilfsmittel eingesetzt werden.

Inwiefern die in der vorliegenden Reihenuntersuchung ermittelten Richtwerte auf andere Tierkollektive übertragen werden können, bedarf einer weitergehenden Klärung. Es handelt sich bei dem geprüften Untersuchungsgut ausschließlich um Mastlämmer, die fast alle aus der DDR stammten und unter gleichen Bedingungen (Transport, Personal) nach Berlin gebracht worden waren und dort in gleicher Weise geschlachtet wurden. Eine mögliche Beeinflussung der Fleischreifung durch variierende Faktoren wie Alter, Herkunft, Transport, Aufstallung, Schlachtvorgang und Kühlung war daher im Rahmen der Arbeit nicht nachprüfbar.

## E. Schlußfolgerungen

=====

Zur routinemäßigen Überprüfung der Fleischqualität von Lammschlachttierkörpern wird als Probenentnahme- und Meßstelle der mediale Bereich der Hinterextremität vorgeschlagen. Unvermeidbare Beschädigungen des Tierkörpers durch das Einstechen der pH-Meter-Elektrode und die Entnahme von Fleischproben mit dem Korkbohrer bleiben hier in vertretbaren Grenzen und werden vom Besitzer toleriert.

Die pH-Werte können im *M.semimembranosus* ermittelt werden; die Fleischproben enthalten Anteile der *Mm.gracilis*, *semimembranosus* und *semitendinosus*; der Rigor mortis ist mit dem Rigormeter auf dem *M.gracilis* zu messen.

Die gefundenen pH-Werte stimmen mit den in der Literatur angegebenen Werten weitgehend überein. Der  $pH_1$ -Wert, 1 Stunde p.m. gemessen, korreliert mit dem R-Wert recht gut, mit dem Rigorwert dagegen weniger. Der End-pH-Wert in Lammfleisch ist 24 h p.m. erreicht. Ein Einfluß von Geschlecht und Herkunft der Tiere auf die pH-Entwicklung besteht offensichtlich nicht.

Die R-Werte streuen bei Lammfleisch über einen wesentlich kleineren Bereich als bei Rind- und Schweinefleisch.

Die Rigormessung mit dem Rigormeter ist ein schnell durchzuführender Test, der jedoch nur als zusätzliches Hilfsmittel Anwendung finden sollte.

Die Bestimmung des Wasserbindungsvermögens (WBV) mit Hilfe der Filterpapierpreßmethode liefert keine Aussage über eine abweichende Fleischqualität. Offensichtlich beeinflußt ein abweichender Reifungsver-

lauf, bzw. eine unvollständige Fleischreifung, nicht das WBV von Lammfleisch. Das Fleisch weiblicher Tiere besitzt ein signifikant besseres WBV.

Die sensorische Bewertung und die Messung der Erhitzungsverluste erlaubt es nicht, Lammfleisch mit beschleunigter Reifung von "normalgereiftem" Fleisch zu unterscheiden.

Eine abweichende Fleischqualität in Form beschleunigter oder gar überstürzter Reifung kann an Hand eines erniedrigten  $\text{pH}_1$ -Wertes und eines erhöhten R-Wertes festgestellt werden. Ein hoher  $\text{pH}_1$ -Wert und ein erhöhter R-Wert deuten auf Fleisch mit verzögerter Reifung hin. Durch Anwendung der chemisch induzierten Glykolyse zur vorgezogenen Feststellung des End-pH-Wertes kann eine zu erwartende unvollständige Reifung sehr schnell ermittelt werden.

Extrem abweichende Fleischqualitäten im Sinne von PSE- und DFD-Fleisch, wie sie bei Rind- und Schweinefleisch bekannt sind mit den für den Verbraucher qualitativen Nachteilen, treten bei Lammfleisch offensichtlich nicht auf, obwohl vereinzelte Tierkörper mit überstürzter oder unvollständiger Reifung (pH-Wert, R-Wert, Rigor) auftreten.

Es kann angenommen werden, daß Standzeiten von ca. 1 Tag vor dem Schlachten die Fleischreifung normalisierend beeinflussen. Auch Standzeiten von 2 bzw. 4 Tagen verursachen keine erhöhten End-pH-Werte.

## F. Zusammenfassung

=====

Methoden zur routinemäßigen Überprüfung der Fleischqualität fanden bislang nur Anwendung bei Rinder- und Schweineschlachttierkörpern. In der vorliegenden Arbeit sollte versucht werden, bei Lammfleisch die Aussagekraft einiger gebräuchlicher Methoden zu überprüfen, sowie Normalwerte und mögliche Richt- oder Grenzwerte für eine abweichende Fleischqualität aufzustellen.

Des weiteren sollte eine Meß- und Probenentnahmestelle definiert werden, die es ermöglicht, Routineuntersuchungen unter standardisierten Bedingungen durchzuführen.

Die Versuche wurden durchgeführt an 190 Mastlämmern mit einem durchschnittlichen Schlachtkörpergewicht von 17 kg. Folgende Kriterien zur Fleischqualitätsbeurteilung wurden überprüft: pH-Wert, R-Wert (ATP/IMP-Verhältnis), Rigor mortis mit dem Rigormeter, Wasserbindungsvermögen (WBV) mit der Filterpapierpreßmethode.

Die Anwendbarkeit der chemisch induzierten Glykolyse zur vorgezogenen Bestimmung des End-pH-Wertes wurde an 26 Tierkörpern geprüft. Bei 3 Tierkörpern mit beschleunigter Reifung wurden jeweils im Vergleich zu einem "normalgereiften" Tierkörper die Erhitzungsverluste ermittelt und eine sensorische Prüfung-(Triangeltest mit bewertender Prüfung) durchgeführt.

Da bei der Herrichtung von Schafschlachttierkörpern keine Längsteilung erfolgt, liegen keine offenen Muskelanschnittsflächen vor. Eine Meß- und Probenentnahmestelle durfte daher nur geringe Defekte aufweisen.

Als geeignet erwies sich eine Stelle im Bereich der medialen Oberschenkelmuskulatur. Die pH-Werte wurden im M.semimembranosus ermittelt; die mit dem Korkbohrer gewonnenen Proben enthielten Anteile der Mm. gracilis, semimembranosus und semitendinosus. Der Rigor mortis wurde auf dem M.gracilis gemessen.

Die ermittelten pH-Werte stimmten mit den in der Literatur angegebenen Werten weitgehend überein. Der End-pH-Wert ist in Lammfleisch 24 h p.m. erreicht. Der Anfangs-pH, gemessen 1 Stunde p.m., lieferte, zusammen mit der Ermittlung des R-Wertes und des Rigorwertes, Aussagen über eine Tendenz zur beschleunigten Reifung.

Bei Verdacht auf verzögerte oder unvollständige Reifung, vermochte die chemisch induzierte Glykolyse innerhalb von 25 min. nach Probenaufarbeitung hinreichend genaue Ergebnisse des End-pH-Wertes zu liefern.

Die R-Werte streuten über einen wesentlich kleineren Bereich als bei Rind- und Schweinefleisch. Dementsprechend niedriger muß ein möglicher Grenzwert für eine abweichende Fleischqualität festgelegt werden.

Die Messung des Rigor mortis erwies sich als ein zusätzlich einsetzbarer Test.

Die Bestimmung des WBV mit der Filterpapierpreßmethode lieferte keine Aussagen über eine abweichende Fleischqualität, weder für überstürzte, noch für unvollständige Reifung. Einschränkend muß gesagt werden, daß nur 2 Tierkörper mit überstürzter Reifung und nur 1 Tierkörper mit unvollständiger Reifung vorlagen.

Die ausführliche sensorische Prüfung von 3 Tierkörpern mit beschleunigter Reifung ließ gegenüber "normalgereiftem" Lammfleisch keine negativen geschmacklichen Merkmale erkennen. Auch die Erhitzungsverluste (Koch- und Bratprobe) waren nicht unterschiedlich.

Bei Schafffleisch erscheinen die Begriffe "PSE"- und "DFD"-Abweichung auf Grund der ermittelten Befunde nicht gerechtfertigt. Es empfiehlt sich daher, nur von Tendenzen im Sinne einer beschleunigten oder überstürzten oder einer verzögerten bzw. unvollständigen Reifung zu sprechen.

Die Erwartungswerte für normal reifendes Lammfleisch können in folgenden Bereichen angesetzt werden:

$pH_1 = 6,0$  bis  $6,5$ ,  $pH_6 = 5,8$  bis  $6,2$ ,  $pH_{24} = 5,5$  bis  $6,0$   
 $R\text{-Wert} = 0,91$  bis  $0,99$ ,  $Ri_1 = 6$  bis  $10$ ,  $Ri_6 = 10$  bis  $14$ ,  
 $Ri_{24} = 12$  bis  $15$ .

Als Richtwerte für eine stark beschleunigte, d.h. überstürzte Reifung, können gelten:

$pH_1 \leq 5,8$ ,  $R\text{-Wert} \geq 1,04$ ,  $Ri_1 > 10$   
und für eine unvollständige Reifung:  
 $pH_{24} \geq 6,4$ ,  $R\text{-Wert} \geq 1,04$ ,  $Ri_1 > 12$ .

Extrem abweichende Fleischqualitäten im Sinne von PSE- und DFD-Fleisch, wie sie beim Rind- und Schweinefleisch bekannt sind, treten bei Lammfleisch jedoch offensichtlich nicht auf, obwohl vereinzelt Tierkörper mit überstürzter oder unvollständiger Reifung (pH-Wert, R-Wert, Rigor) vorkamen.

Es kann angenommen werden, daß Standzeiten von etwa 1 Tag vor dem Schlachten die Fleischreifung positiv beeinflussen. Auch Standzeiten von 2 und 4 Tagen verursachen offensichtlich keine erhöhten End-pH-Werte.

## Summary

=====

Hitherto, methods for routine examination of meat-quality were only used for cattle and pig carcasses. Therefore it was necessary to examine the usual tests in lamb-meat as well and to establish normal data and possible guidelines or limits for deviating meat-qualities.

Furthermore a defined measuring point should be found and one to obtain samples from muscles in view of carrying out examinations under standardized conditions.

The investigations were realized on 190 lambs with an average carcass-weight of 17 kg. The following criteria for the estimation of meat-quality were tested: pH-value, r-value (ATP/IMP-ratio), rigor mortis with the 'rigor-meter' and the water binding capacity (WBC) with the filter paper-pressing method.

The applicability of the chemical induced glycolysis-test for the advanced determination of the ultimate pH, was examined on 26 carcasses. The losses of weight by heating was determined on 3 carcasses with an accelerated maturation. Furtheron a sensorial examination was carried out on these in comparison to a 'normal-matured' carcass.

As sheep carcasses are dressed without longitudinal splitting therefore they do not possess any first cut muscle areas. For this reason the measuring point and the area for sampling should produce only small defects.

A point on the internal surface of the topside was found to be suitable. The pH-values were determined in the M.semimembranosus. The samples, taken by a

cork-screw, included portions of the *Mm.gracilis*, *semimembranosus* and *semitendinosus*. The rigor mortis was measured at the *M.gracilis*.

The measured pH-values were in accordance with the values cited in literature. The ultimate pH in lamb carcasses was achieved 24 h p.m.. The initial pH-values, measured 1 h p.m., gave evident results, together with r-value and the rigor-value, about a tendency of accelerated maturation.

Suspecting a delayed or insufficient maturation, the chemically induced glycolysis-test was able to give an equivalent result according to the ultimate pH within 25 minutes after working up the samples.

The r-values covered a significant smaller range than in pork and beef. Hence the possible limit for a varying meat-quality had to be determined on a lower range.

The measurement of the rigor mortis proved to be an additionally employable test.

The determination of the WBC did not allow any conclusions about varying meat-quality, neither in regard to a precipitated nor an incomplete maturation. It must be mentioned restrictively that only 2 carcasses with a precipitated and only 1 carcass with a incomplete maturation have been found.

The thoroughly performed sensorial examination of the meat of 3 carcasses with an accelerated maturation could not reveal any negative characteristics in regard to taste in comparison to a 'normal-matured' lamb. Also the losses by heat during the cooking- and frying-test were not different.

Because of these results concepts as 'PSE- and DFD-variations' seem to be not suitable for lamb. Therefore it is advisable, only to talk about tendencies in the sense of an accelerated respectively precipitated or about a delayed respectively incomplete maturation.

The range of expectation for criteria of normal-matured lamb have to settle in the following scale:  
 $\text{pH}_1$  6.0-6.5,  $\text{pH}_6$  5.8-6.2,  $\text{pH}_{24}$  5.5-6.0, r-value 0.91-0.99,  $\text{ri}_1$  6-10,  $\text{ri}_6$  10-14,  $\text{ri}_{24}$  12-15.

The following data could be considered as standard values for a strong accelerated, i.e. precipitated, maturation, which might be considered within official meat inspection:  $\text{pH}_1 \leq 5.8$ , r-value  $\geq 1.04$ ,  $\text{ri}_1 > 10$ ; and in regard to an incomplete maturation:  $\text{pH}_{24} \geq 6.4$ , r-value  $\geq 1.04$ ,  $\text{ri}_1 > 12$ .

Extremely varying meat-qualities in the sense of PSE- and DFD-meat, as they are known from beef and pork, do obviously not occur in lamb, though there have been isolated carcasses with a precipitated or incomplete maturation (pH-value, r-value, rigor).

G. Literaturverzeichnis

=====

- ALI-SEİD, N.      Überprüfung der Aussagekraft von derzeit gebräuchlichen Arbeitsverfahren zur Erfassung der Fleischqualität bei Rinderschlacht tierkörpern aus einer Tiergruppe mit streßarmen Haltungs- und Transportbedingungen und einer Tiergruppe aus Normalschlachtungen  
Vet. med. Diss. FU Berlin, 1983
- ALVI, A.S.      Einfluß des Geschlechtes auf das Wachstum und die Schlachtkörpereigenschaften von Schafen  
Fleischwirtsch. 59, 1721-1726 (1979)
- ders.      Einfluß des Geschlechtes auf die Eigenschaften der Muskulatur bei Schafen  
Fleischwirtsch. 60, 1063-1074 (1980 a)
- ders.      Der Einfluß des Geschlechtstypes auf die Fleischqualitätseigenschaften bei Schafen  
Fleischwirtsch. 60, 2067-2073 (1980 b)
- ANDERSEN, I.-L.E.      Some experience with the portable Danish probe for the measurement of pig meat quality  
Proc.scient.meeting Biophysical PSE-Muscle Analysis, Vienna, 1984
- AUGUSTINI, Chr. & K. FISCHER      Untersuchungen zum Problem des dunklen, leimigen Rindfleisches (dark-cutting beef)  
1. Mitt.: Erscheinungsform und Vorkommen  
Fleischwirtsch. 59, 1871-1875 (1979)
- dies.      Behandlung der Schlachtschweine und Fleischbeschaffenheit - eine Felduntersuchung  
Fleischwirtsch. 61, 775-785 (1981)
- AUGUSTINI, Chr., FISCHER, K. & L. SCHÖN      Untersuchungen zum Problem des dunklen, leimigen Rindfleisches (dark-cutting beef)  
4. Mitt.: Auswirkungen unterschiedlicher Standzeiten und Gruppenzusammensetzungen  
Fleischwirtsch. 60, 1057-1062 (1980)

- BAGER, F.I. & G.V. PETERSEN  
The relative Precision of different  
Methods of measuring pH in carcass  
muscles  
Nord. Veterinaarmed. 35, 86-90 (1983)
- BEHRENS, H. pH-Wert-Messungen bei der Fleisch-  
untersuchung  
Rundschau für Fleischuntersuchung und  
Lebensmittelüberwachung 10, 195-197  
(1983)
- BENDALL, J.R. Relations between muscle pH and  
important biochemical parameters  
during the postmortem changes in  
mammalian muscle  
Meat Science 3, 143-157 (1979)
- BOUTON, P.E. & P.V. HARRIS  
The effects of ultimate pH on ovine  
muscle: water-holding capacity  
Reprinted: J. of Food Science (1972)
- dies. Influence of pH on the Warner Bratzler  
Shear properties of mutton  
Meat Science 6, 27-36 (1982)
- dies. The effects of ultimate pH on ovine  
muscle: mechanical properties  
J. of Food Science 37, 356-360 (1972)
- BOUTON, P.E. & W.R. SHORTHORSE  
Correlations between ultimate pH and  
some quality traits of sheep meat  
15. Europ. Meeting of Meat Research  
Workers in Helsinki (1969)
- CHRYSTALL, B.B., DEVINE, C.E. & K.G. NEWTON  
Residual blood in lamb muscles  
Meat Science 5, 339-345 (1980-81)
- DANI, N.P. & N.S. MAHENDRAKAR  
Effect of conditioning and carcass  
posture on eating quality of mutton  
from old bannur ewes  
Meat Science 6, 265-273 (1982)

- DAVIDEK, J. & J. VELISEK  
Eine Schnellmethode zur Untersuchung  
des Rigor mortis  
Fleischwirtsch. 53, 1285-1290 (1973)
- DRANSFIELD, E., JONES, R.C.D. & H.J.H. MACFIE  
Tenderising in *M. longissimus dorsi*  
of beef, veal, rabbit, lamb and pork  
Meat Science 5, 139-147 (1981)
- EIKELENBOOM, G.  
Einsetzbarkeit des Rigormeters bei  
Rinderschlachtierkörpern  
pers. Mitteilung (1982)
- FISCHER, C.  
Veränderungen im Muskel nach dem  
Schlachten  
Fleischwirtsch. 61, 1830-1836 (1981)
- FISCHER, K.  
Die Bedeutung endokriner Störungen  
für die Entwicklung von Qualitäts-  
abweichungen bei Schweinefleisch:  
1. - 4. Mittl.  
Fleischwirtsch. 54, 1212-1231 (1974)
- FISCHER, C. & R. HAMM  
Untersuchungen zum Problem des dunklen,  
leimigen Rindfleisches ("durk-cutting-  
beef")  
Fleischwirtsch. 60, 108-113 (1980)
- FISCHER, C. & K. HONIKEL  
Biochemische Unterschiede von blassem,  
wäbrigem und dunklem, leimigen Rind-  
fleisch kurz nach der Schlachtung  
Fleischwirtsch. 8, 1348-1350 (1978)
- GILBERT, K.V. & C.E. DEVINE  
Effect of electrical stunning methods  
on petechial haemorrhages and on the  
blood pressure of lambs  
Meat Science 7, 197-207 (1982)
- GRAU, R. & R. HAMM  
Eine einfache Methode zur Bestimmung  
der Wasserbindung in Fleisch  
Fleischwirtsch. 32, 295-297 (1952)

- GRAU, R. & R. HAMM  
Brühwurstqualität und Bestimmung der  
Wasserbindung im Fleisch  
Fleischwirtsch. 34, 36-39 (1954)
- dies.  
Ober das Wasserbindungsvermögen des  
Säugetiermuskels  
Z. Lebensm.-Unters. Forsch. 105,  
446-460 (1957)
- GROSSMANN, A.  
Untersuchungen über den Zusammenhang  
zwischen Farbe, Gesamtwassergehalt  
und Wasserbindungsvermögen der Mus-  
kulatur bei Hunden mit und ohne  
Dehydratation  
Vet. med. Diss. FU Berlin, 1982
- HAMM, R.  
Kolloidchemie des Fleisches  
Verlag Paul Parey, Berlin und  
Hamburg (1972)
- ders.  
Muskelfarbstoff und Fleischfarbe  
Fleischwirtsch. 55, 1415-1418 (1975)
- ders.  
Fleisch und Fleischwaren im Kreuz-  
feuer der Kritik  
Fleischwirtsch. 60, 1630-1644 (1980)
- HENNING, M.  
Anwendung des FOP-Gerätes (fibre optic  
probe) zur Farbhelligkeitsmessung von  
Schweinefleisch  
Proc. scient. meeting Biophysical  
PSE-Muscle Analysis, Vienna, 1984
- HILDEBRANDT, G.  
Postmortale Glykolyse und Fleischbe-  
schaffenheit in verschiedenen Muskeln  
von Schlachtschweinen unter Berücksich-  
tigung einiger intravital faßbarer  
Parameter  
Vet. med. Diss. FU Berlin, 1968
- ders.  
Konstitution, Rigor mortis und Fleisch-  
qualität beim Schlachtschwein  
Fleischwirtsch. 54, 926-931 (1974)
- HOFMAN, K., HAMM, R. & E. BLOCHEL  
Neues über die Bestimmung der Wasser-  
bindung des Fleisches mit Hilfe der  
Filterpapierpreßmethode  
Fleischwirtsch. 62, 87-94 (1982)

- HOLZUM, H.      Vergleichende Untersuchung über das Auftreten von Fleischqualitätsmängeln bei normal geschlachteten, sowie not- und krankgeschlachteten Schweinen anhand postmortaler biochemischer und physikalischer Parameter  
Vet. med. Diss. Hannover, 1981
- HONIKEL, K.O.    Überlegungen und Vorschläge zur Früherkennung von PSE- und DFD-Fleisch in Schlachttierkörpern  
Fleischwirtsch. 8, 1143-1146 (1976)
- HONIKEL, K.O. & Ch. FISCHER  
Eine Schnellmethode zur Bestimmung von PSE- und DFD-Fleisch beim Schwein  
Fleischwirtsch. 5, 1015-1017 (1977)
- HONIKEL, K.O. & R. HAMM  
Über die Ursachen der Abnahme des pH-Wertes im Fleisch nach dem Schlachten  
Fleischwirtsch. 54, 557-560 (1974)
- dies.            Kühlen, Gefrieren und Auftauen: Kolloidchemische Aspekte der Fleischqualität  
Fleischwirtsch. 63, 1118-1127 (1983)
- HOSTETLER, R.L., LANDMANN, W.A., LINK, B.A. & H.A. FITZHUGH  
Influence of carcass position during rigor mortis on tenderness of beef muscles: Comparison of two treatments  
J. Anim. Sci. 31, 47-53 (1970)
- KIRTON, A.H., WINGER, R.J., DOBBIE, J.L. & D.M. DUGANZICH  
Palatability of meat from electrically stimulated carcasses of yearling and older entire-male and female sheep  
J. Fd. Technol. 18, 639-649 (1983)
- KOLB, E.        Lehrbuch der Physiologie der Haustiere  
3. Aufl.  
VEB G. Fischer, Jena, 915-920 (1974)
- LEISTNER, W.    Lebensmittelhygienische Probleme bei der Produktion und Verarbeitung von Fleisch  
Fleisch 34, 116-119 (1980)

- LEWIS, P.K.jr & S.A. BABIKER  
Effect of electrical stimulation and cooking temperature on the within-sample variation of cooking loss and shear force of lamb  
Meat Science 8, 317-321 (1983)
- LISTER, D. & G.S.G. SPENCER  
Energy substrate provision in vivo and the changes in muscle pH post mortem  
Meat Science 8, 41-51 (1983)
- LÜFFLER, K. Anatomie und Physiologie der Haustiere  
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1977)
- LOHSE, B. & A. PFAU  
Ein handliches Fleischfarben-Vergleichsphotometer für den praktischen Schlachtbetrieb  
Fleischwirtsch. 44, 658-659 (1964)
- LOSONCZY, S. & F. STEFTER  
Ursachen der dunklen Farbe des Rindfleisches (Ung.)  
Ref. Landw. Zbl. IV, 20, 1478 (1975)
- MIRNA, A. Über ein vereinfachtes Verfahren zur Farbbeurteilung von Fleisch und Fleischwaren  
Fleischwirtsch. 45, 332-334 (1965)
- MØLLER, A.F., BOUTON, P.E., HARRIS, P.V. & P.N. JONES  
Effect of electrical stimulation on the tenderization of mutton by aging  
J. Food Science 48, 874-877 (1983)
- MONIN, G. & P. GIRE  
Mobilisation du glycogene musculaire et hepatique au cours du stress de transport chez le mouton  
23. Europ. Meeting of Meat Research Workers in Moscow, USSR (4.-9.9.1977)
- MORETH, F. Einfluß verschiedener exogener und endogener Faktoren auf die pH<sub>1</sub>, pH<sub>24</sub> und pH<sub>48</sub>-Werte bei an kommunalen Schlachthöfen geschlachteten Rindern  
Vet. med. Diss. Gießen, 1981

- PETERSEN, G.V. A plug sampling technique for measuring the pH of carcass muscle  
Meat Science 7, 37-42 (1982)
- PETERSEN, G.V. & D.K. BLACKMORE  
The effect of different slaughter methods on the post mortem glycolysis of muscle in lambs  
N.Z. vet. J. 30, 195-198 (1982)
- PINKAS, A., PENKA-MARINOVA, TOMOV, I. & G. MONIN  
Influence of age at slaughter, rearing technique and pre-slaughter treatment on some quality traits of lamb meat  
Meat Science 6, 245-255 (1982)
- POTTHAST, K. & R. HAMM  
Biochemische Untersuchungen über Qualitätsabweichungen an Schweinefleisch  
Abschlußbericht II. Teil  
Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (1975)
- dies. Biochemie des DFD-Fleisches  
Fleischwirtsch. 56, 978-982 (1976)
- PSCHYREMBEL, W.  
Klinisches Wörterbuch  
252. Aufl.  
Verlag de Gruyter (1976)
- QUARRIER, Evelyn, CARPENTER, Z.L. & G.C. SMITH  
A physical method to increase tenderness in lamb carcasses  
J. Food Science 37, 130-131 (1972)
- RASHID, N.H., HENRICKSON, R.L., ASHGAR, A. & P.L. CLAYPOOL  
Evaluation of certain electrical parameters for stimulating lamb carcasses  
J. of Food Science 48, 10-14 (1983)
- REUTER, G.  
Verfahren zur Erkennung von Fleischqualitätsabweichungen an Schlacht tierkörpern  
Fleischwirtsch. 62, 1153-1160 (1982)

- REUTER, G.      Standardisierung der Preßprobentechnik mit dem "Braunschweiger Gerät" und Anwendung eines neuen Schablonen-Auswerteverfahrens zur schnellen Bestimmung des ungebundenen Wassers in Fleisch  
Proc. Scient. Meeting Biophysical PSE-Muscle Analysis, Vienna, 1984
- REUTER, G., MARX, M. & G. WACHELAW  
Ein Gerät für die kontaminationsfreie Gewinnung und Aufbereitung von Probenmaterial für die bakteriologische Untersuchung und die Untersuchung auf Hemmstoffe im Rahmen der amtlichen Fleischuntersuchung  
Fleischwirtsch. 57, 1169-1174 (1977)
- ROEMMELE, O., SCHAPER, A. & J.G. VAN DER WALL  
Ein praktisches Gerät zur dokumentarischen Feststellung des pH-Wertes, der Durchsaftung und des Blutgehaltes von Fleisch und Fleischwaren  
Fleischwirtsch. 41, 208-209 (1961)
- SACK, E., FISCHER, K., CANSTEIN VON, B. & J. SCHEPER  
Beziehungen des FOM-Reflexionswertes zu Merkmalen der Fleischbeschaffenheit  
Proc. Scient. Meeting Biophysical PSE-Muscle Analysis, Vienna, 1984
- SCHARNER, E.      Grundfragen zur Beurteilung der Qualität von Lebensmitteln unter besonderer Berücksichtigung von Fleischerzeugnissen  
Fleisch 22, 265-267 (1968)
- SCHARNER, E. & G. SCHIEFER  
Untersuchungen zur Qualitätsbestimmung von Mastlammfleisch  
23. Europ. Meeting of Meat Research Workers in Moscow, USSR (4.-9.9.1977)
- SCHEPER, J.      Qualitätsabweichungen bei Schweinefleisch - genetische und umweltbedingte Einflüsse  
Fleischwirtsch. 52, 203-206 (1972)
- ders.              Bedeutung des Safthaltevermögens für die Fleischbeschaffenheit beim Schwein  
Fleischwirtsch. 55, 1176-1178 (1975)
- ders.              pH-Wert-Messung an Schweinehälften - Zeitpunkt, Meßstelle, Aussage  
Fleischwirtsch. 58, 1642-1646 (1978)



- SIELAFF, H.     Elektrostimulierung gegen Kälte-  
Muskelverkürzung (III)  
Fleisch 37, 35-37 (1983)
- SPECHT, H., MANGER, H. & J. KUNIS  
Kälteverkürzung und elektrische Stimu-  
lations-Untersuchungen an Schaf- und  
Rindfleisch (I)  
Fleisch 37, 191-194 (1983)
- STEINHAUF, D., PAHL, G.H.M. & J.H. WENIGER  
Methoden zur Bestimmung der Fleisch-  
beschaffenheit  
I. Mitteilung: Ein Gerät zur objek-  
tiven Bestimmung der Fleischfarbe  
Fleischwirtsch. 44, 318-320 (1964)
- STIEBING, A. & P.-G. KLETTNER  
Beitrag zur Bestimmung der Farbe bei  
Fleisch und Fleischerzeugnissen  
II. Praktische Erfahrungen mit dem  
Elrephomat DFC 5  
Fleischwirtsch. 60, 2179-2183 (1980)
- SYBESMA, W.     Die Messung des Unterschieds im Auf-  
treten des Rigor mortis im Schinken  
Fleischwirtsch. 46, 637-639 (1966)
- TROEGER, K.     Untersuchungen über mögliche Einflüsse  
auf die hygienische und substantielle  
Beschaffenheit des Fleisches beim Ein-  
satz von industriell getrocknetem Lege-  
hennenkot in der Rindermast  
Vet. med. Diss. FU Berlin, 1983
- VADA-KOVÁCS, M.  
Rapid glycolysis test for detection  
of DFD meat  
27. Europ. Fleischforscher-Kongreß,  
Wien (1981)
- dies.             Die Durchführung der chemisch indu-  
zierten Glykolyse mit Triton x-100  
pers. Mitteilung (1984)
- VALIN, C., VIGNERON, P. & C.R. ASHMORE  
Prediction of lamb meat quality  
traits based on muscle biopsy  
fibre typing  
Meat Science 6, 257-263 (1982)

- WILKEN, W.      Einflüsse von Schlachtbetrieb,  
Schlachtttag und Meßteam auf die  
Fleischbeschaffenheit beim Schwein  
unter Praxisbedingungen  
Landw. Diss. Göttingen, 1982
- WIRTH, F.      Qualitätsabweichungen bei Schweine-  
fleisch - Konsequenzen für die Ver-  
arbeitung von wässrigem, blassem  
Schweinefleisch  
Fleischwirtsch. 52, 212-216 (1972)
- WIRTH, F., BÜHM, H. & G. SALZIGER  
Technologie bei DFD-Fleisch  
Fleischwirtsch. 56, 988-994 (1976)
- A.B.A.      Ausführungsbestimmungen A über die  
Untersuchung und gesundheitspolizeiliche  
Behandlung der Schlachttiere  
und des Fleisches bei Schlachttieren  
im Inland  
in der Fassung der Bekanntmachung  
vom 3. Febr. 1978 BGBl. I, 201
- DIN 10951      Sensorische Prüfverfahren,  
Dreiecksprüfung  
Vorlage, Apr. 1973
- DIN 10950      Allg. Grundlagen d. Sensorik;  
Begriffe  
Nov. 1973
- DIN 10962      Raum für sens. Prüfungen (Prüfraum);  
Anforderungen  
Aug. 1981

Für die Überlassung des Themas, die stets gewährte freundliche Unterstützung und die wertvollen Anregungen danke ich Herrn Prof. Dr. G. Reuter.

Herrn Akad.Oberrat Dr. A. Stolle möchte ich danken für die hilfreichen Ratschläge bei der Anfertigung der Dissertation.

Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. N. Retzlaff sowie Herrn N. Brandes für die freundliche Hilfe beim praktischen Teil meiner Arbeit in Berlin-Spandau.

Desweiteren danke ich Frau Dr. G. Arndt für ihre wertvollen Ratschläge bei der Auswertung.

Dank sagen möchte ich auch allen Mitarbeitern der Fachrichtung Fleischhygiene, die mich bei der Anfertigung meiner Arbeit am Institut unterstützt haben.



## Lebenslauf

Name: Rolf Kümmel, geb. Cziptschirsch

Geboren: 16. 9. 1952 in Wolfsburg

Eltern: Kurt Cziptschirsch, Ingenieur  
und Helga Cziptschirsch

Schulbildung: 1959 - 1963 Volksschule in Wuppertal  
1963 - 1971 Oberschule in Wuppertal  
Abitur: 12. Mai 1971 am Städtischen  
neusprachlichen Gymnasium in  
Wuppertal-Barmen

Bundeswehrzeit: 1971 - 1973

Studium: 1973 - 1976 Wirtschaftswissenschaften  
an der Ruhr-Universität Bochum  
1976 - 1982 Tiermedizin an der  
Freien Universität Berlin

Tierärztliche Prüfung: 11. Juni 1982

Approbation: 15. Juni 1982

Seit Juli 1982 angestellt als n.v.  
Fleischbeschautierarzt am Schlachthof  
in Berlin-Spandau





